Aula Prática Nº 01

Título: Gerador de Função, Multímetro e Osciloscópio

Objetivo: Familiarizar o aluno com o uso dos instrumentos a fim de evitar danos aos mesmos bem como aumentar o rendimento das aulas práticas durante o semestre.

GERADOR DE FUNÇÃO

O Gerador de Função marca Tektronics produz ondas senoidais, quadradas , dente de serra e sinais TTL. É utilizado para testes e calibração de circuitos eletrônicos. A frequência de saída do gerador vai de 0,2Hz a 2MHz.

Descrição das teclas do painel frontal

A figura "1" mostra os indicadores, controles e conectores do painel frontal do gerador de função. A função de cada tecla é explicada abaixo.

1- POWER. Quando acesa indica que o instrumento está energizado.

2- AMPLITUDE. Controla o nível do sinal na "MAIN OUTPUT" de acordo com a faixa selecionada pela tecla "VOLTS OUT".

3- DC OFFSET. Puxe esse controle para ativá-lo. Este controle controla o nível DC e a polaridade do sinal de saída. Quando este controle é pressionado para dentro o sinal é centrado em zero VDC.

4- DUTY. Puxe esse controle para ativá-lo. Quando totalmente ajustado no sentido anti-horário os semi-ciclos do sinal de saída são simétricos. Girando-o no sentido horário altera-se o período de um semi-ciclo de acordo com a posição da tecla "INVERT".

5- RANGE (Hz). Estas teclas determinam a faixa de frequência do sinal de saída.

6- FUNCTION. Seleciona o tipo de sinal que teremos na saída (quadrado, triangular ou senoidal).

7- FREQUENCY. Este controle variável determina a frequência do sinal de saída juntamente com a tecla de "RANGE".

8- SWEEP WIDTH. Este controle ajusta a amplitude da varredura (Sweep).

9- SWEEP RATE. Este controle ajusta a taxa do gerador de varredura interno.

10- SWEEP. Aperte-o para varredura interna. Esta tecla ativa as teclas "SWEEP WIDTH e SWEEP RATE". Quando desapertado o gerador aceita sinais de varredura externa via "VCF INPUT".

11- INVERT. Apertando esta tecla provoca-se a inversão do sinal de saída. Quando utilizando o controle "DUTY" esta tecla determina qual semi-ciclo será afetado.

12- VOLTS OUT. Aperte-o para que a faixa do sinal de saída varie de 0 a 2 V_{P-P} em circuito aberto. Desaperte-o para que a faixa do sinal de saída varie de 0 a 20 V_{P-P} em circuito aberto.

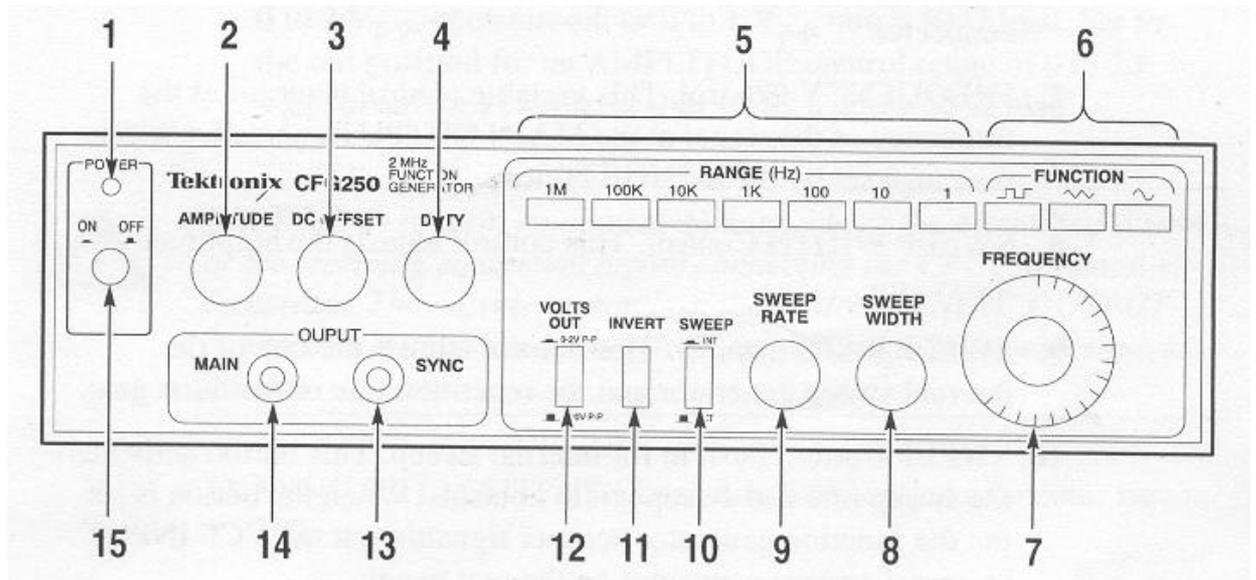



FIGURA 01

13- SYNC . Conector de saída BNC para sinais TTL

14- MAIN . Conector BNC de saída para ondas senoidais, quadradas e triangulares.

15- POWER. Tecla de liga-desliga.

MULTÍMETRO

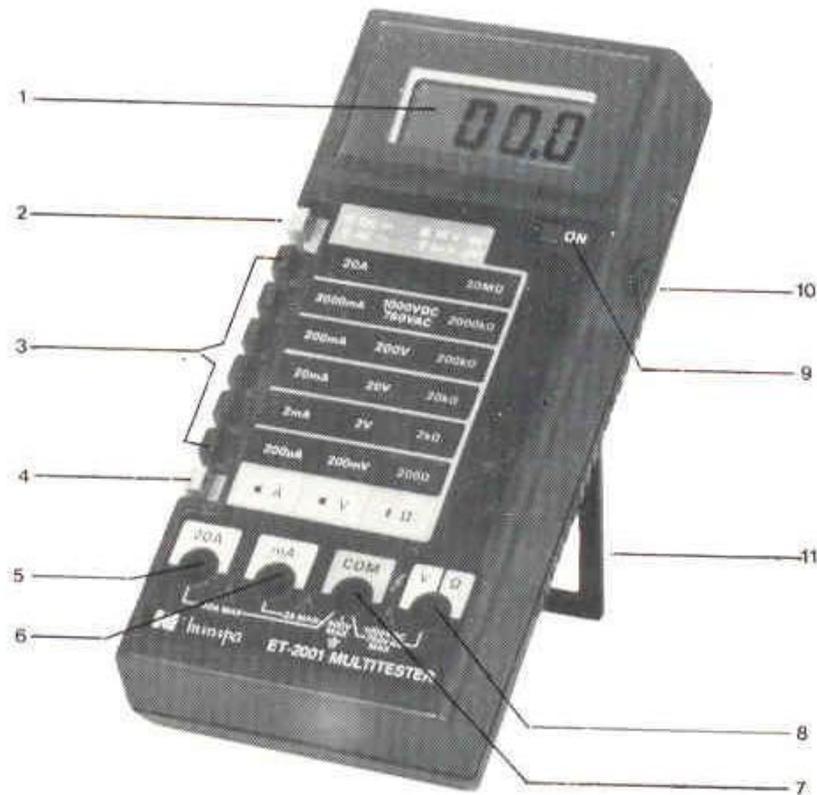



Figura 2

O multímetro do laboratório de Eletrônica Fundamental, visto na Fig. 2, é um multímetro digital de 3 1/2 dígitos com indicação de polaridade marca Minipa. Ele possibilita a medição de Resistência (Ω), Corrente (A) e Tensão (V). A corrente e tensão podem ser medidas em circuitos que trabalham com corrente contínua (DC) e com corrente alternada (AC). Para medições de resistências pode-se utilizar 250mV (LOW) ou 1,2V (HIGH). Somente utilize medicões em modo HIGH quando testando componentes eletrônicos fora do circuito.

Instruções de Operação

A chave Liga-Desliga (10) está localizada no lado direito, abaixo do visor de cristal líquido. É recomendável que esta chave permaneça desligada quando o instrumento não estiver em uso, para aumentar a vida útil da bateria.
A tecla superior do "push-button" (2) ajusta o instrumento para operação AC (in) ou DC (out), quando estiver medindo tensão ou corrente . Quando medindo resistência a mesma tecla passa a ter a função de selecionar a tensão que será aplicada (250mV ou 1,2V).
A tecla inferior do "push-button"(4) seleciona se iremos medir tensão / corrente (out) ou resistência (in).
As teclas intermediárias (de cores mais claras) selecionam as diferentes escalas de medição. Quando não for possível estimar qual a escala correta para realizar alguma medição utilize sempre a maior disponível no instrumento.

O multímetro possui quatro terminais de entrada. O terminal (5) é utilizado para medições de correntes de até 20A; o terminal (6) é utilizado para medições de correntes baixas de até 200mA; o terminal (8) é utilizado para medições de tensões ou resistências e o terminal (7) é o terminal comum utilizado em todas as medições.
Nas medições de corrente contínua (DC) o sinal " - " indica que a ponta de prova ligada ao terminal de entrada comum é positivo em relação à outra ponta de prova.
Quando o sinal de entrada exceder a faixa selecionada aparece o número "1" no lado esquerdo do display e os outros dígitos ficam ausentes.
A medição de sinais AC é calibrada para indicar valores RMS somente para ondas senoidais de até no máximo 450Hz.

Cuidados na Operação

Verifique o posicionamento das teclas e das pontas de prova antes de fazer as medições.
Desligue o instrumento antes de conectar as pontas de prova.
Desconecte o instrumento antes de alterar a grandeza a ser medida.
Nunca meça resistência com o circuito energizado porque pode danificar o multímetro.
Caso o sinal de entrada exceda a escala escolhida aumente a escala até que a leitura seja possível.

0SCILOSCÓPIO

PROTEÇÃO DO EQUIPAMENTO

O osciloscópio do laboratório é um osciloscópio de dois canais e duplo traço, marca TEKTRONIX.

Alguns cuidados devem ser tomados para que o osciloscópio trabalhe perfeitamente e dentro das normas de segurança.

* Nunca permita que um ponto em alto brilho permaneça estacionário na tela por mais de alguns segundos. Quando for necessário manter o ponto estacionário reduza a intensidade do feixe (controle INTENSITY).

* Nunca aplique mais do que o nível máximo para a entrada do osciloscópio. Entrada CANAL 1 e CANAL 2 - 400V (DC + pico ac)

OPERAÇÃO DO OSCILOSCÓPIO

* AJUSTES INICIAIS

1 - Ligue o osciloscópio no controle POWER.
Ajuste os seguintes controles:
MODE: CH1
TRIGGER MODE: AUTO
COUPLING: DC
APERTE A TECLA GND DO CANAL 1. A tecla GND do canal 1 ou canal 2 serve para aterrar a entrada (quando apertada) ou aplicar o sinal diretamente (quando desapertada) .

2 - O traço vai aparecer na tela e poderá ser ajustado pelo controle POSITION do canal 1. Depois ajuste o INTENSITY e se necessário o FOCUS para uma observação mais nítida do feixe.

3 - TRIGGER (GATILHAMENTO)
O sinal de entrada deve estar devidamente "trigado" para a observação da forma de onda estável.
A chave SOURCE seleciona o sinal de entrada que deve ser usado para trigar a varredura do feixe. Esta fonte de sinal de trigger pode ser interna (CH1, CH2, LINE) ou externa (EXT). Normalmente iremos trabalhar com a chave SOURCE em CH1 ou CH2.

4- Observe se os potenciômetros VARIABLE (Canal 1, Canal 2 e SEC/DIV) encontram-se na posição CAL. Caso isto não ocorra a medição dos sinais não poderá ser realizada pelos fatores de escala indicados na tela.

MEDIÇÕES COM O OSCILOSCÓPIO

TENSÕES DC

1- Ligue a fonte DC variável da bancada (MÓDULO 1) e ajuste-a para 10V com o auxílio de um voltímetro DC.

2- Ajuste a chave VOLTS/DIV do canal 1 para permitir a leitura mais precisa do sinal a ser medido. No nosso caso o ajuste deve ser feito para 5 volts.

3- Ligue a saída da fonte na entrada do canal 1 e ajuste a chave MODE vertical no canal a ser usado. Observe se o controle VARIABLE está na posição CAL. O que acontecerá caso ele não esteja nessa posição?

4- Aperte a tecla GND do canal 1 e ajuste a referência de zero volt usando o controle POSITION. Geralmente o zero é ajustado no centro da tela.

5- Posicione a tecla AC-DC na posição DC e desaperte a tecla GND. Meça a distância vertical da referência ao feixe horizontal. Multiplique esta distância pelo fator de escala indicado na tela para o canal 1. Compare com o valor medido no voltímetro.

V = V

6- O osciloscópio possibilita a medição de valores de tensão, período e frequência diretamente na tela, através de cursores. Para ativar os cursores aperte a tecla CURSOR ON/OFF. A tecla ΔV/ ΔT 1/ΔT seleciona qual grandeza iremos medir (ΔV = Tensão, ΔT = Período e 1/ΔT =Frequência).
Os cursores podem ser movidos separadamente ou em conjunto de acordo com a seleção da tecla TRACKING.

7-Utilizando os cursores realize a medição direta do valor de tensão do canal 1.

V = ____________________V

8- Compare os três valores medidos e tire conclusões sobre a precisão de cada método.

9- Desligue o Módulo 1 e desabilite os cursores no osciloscópio.

TENSÃO AC - PERÍODO - FREQUÊNCIA

1- Ligue o gerador de função e ajuste-o para fornecer uma onda senoidal de 1 KHz .

2- Aterre a entrada do canal 2 (Tecla GND) e ajuste a referência de zero volt usando o controle POSITION caso necessário. Ajuste o fator de escala para 1V/div.

3- Ligue a saída do gerador à entrada do canal 2 e ajuste o MODE vertical no canal a ser usado. Aperte a tecla AUTO para selecionar o trigger automático. Posicione a chave SOURCE no canal utilizado.

4- Aperte a tecla AC-DC do canal 2 para observar o sinal incluindo sua componente DC. Caso a tecla esteja na posição AC só iremos observar a componente AC do sinal.Varie a amplitude do sinal senoidal (potenciômetro amplitude no gerador de sinal) para que tenhamos 6 divisões pico a pico na tela do osciloscópio.

5- Puxe e varie a chave DC OFFSET do gerador de função. Explique o que aconteceu ao sinal na tela do osciloscópio.

6- Coloque agora a tecla AC-DC na posição AC. Varie novamente a chave DC OFFSET do gerador de função. Explique as diferenças observadas em relação ao observado no item anterior.

7- Aperte a chave DC OFFSET do gerador de função.

8- Ajuste a chave VOLT/DIV e a chave da base de tempo (SEC/DIV) para permitir visualizar o sinal com perfeição. Atue no controle LEVEL, observe o que acontece ao sinal na tela e explique sua função.

9- Meça a distância de pico a pico (na vertical) e multiplique pelo valor indicado na tela para o fator de escala da chave VOLTS/DIV do canal 2.

V = distância (pico a pico) x Fator de escala (VOLTS/DIV)

$V = ____________ V_{p\text{-}p}$

10- Meça agora a distância entre dois máximos (medida na horizontal).
Multiplique o valor encontrado pelo indicado na tela para a escala da base de tempo (SEC/DIV). Este será o valor do período do sinal.

T = (Distância entre dois máximos) x (Fator de escala SEC/DIV)

T= ______________s

11- Inverta este valor e teremos a frequência.

$$\frac{1}{T} = F \qquad F = ________ \text{ Hz}$$

12- Realize agora as medições de tensão pico a pico, período e frequência utilizando os cursores do osciloscópio

$V = ________ V_{p\text{-}p}$ T= ______________s F = ____________ Hz

13- Compare os dois métodos de realizar as medições

14- Varie a amplitude e a frequência do sinal de saída do gerador de função observando as variações na forma de onda mostrada no osciloscópio.

15- Desconecte os cabos do osciloscópio do gerador de sinal e desligue o gerador.

OPERAÇÃO COM DEFLEXÃO HORIZONTAL EXTERNA

O osciloscópio, simplificadamente, possui dois pares de placas, as placas defletoras horizontais e as placas defletoras verticais. As placas defletoras horizontais são responsáveis pela deflexão do feixe na horizontal e as placas defletoras verticais pela deflexão do feixe na vertical.

O sinal que surge na tela é portanto a resultante da deflexão horizontal e vertical que são obtidas pela polarização maior ou menor das respectivas placas.

Normalmente a polarização das placas defletoras horizontais é realizada por uma onda dente de serra (uma onda que varia linearmente no tempo) cuja frequência é controlada pela base de tempo (chave SEC/DIV) e a polarização das placas verticais é realizada pelo sinal que entra no CANAL 1 ou CANAL 2.

Para algumas aplicações, entretanto é necessário que o sinal aplicado às placas horizontais seja aplicado externamente. No nosso osciloscópio isto é conseguido colocando-o no modo de operação X-Y (Tecla X-Y apertada, Chave de MODE vertical em X-Y e TRIGGER SOURCE em CH1 ou CH2). Neste caso a deflexão vertical será devido ao sinal aplicado ao CANAL 2 e a deflexão horizontal devido ao sinal aplicado ao CANAL 1.

SINAIS DC

1- No osciloscópio aperte a tecla X-Y, posicione a chave de MODE vertical em X-Y e a chave TRIGGER SOURCE em CH1 ou CH2. Posicione ainda a chave COUPLING em DC

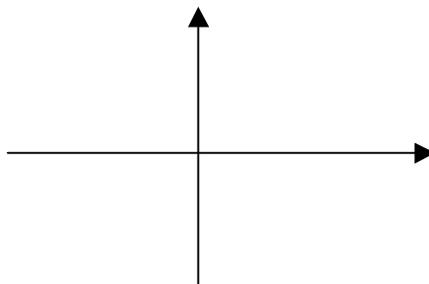
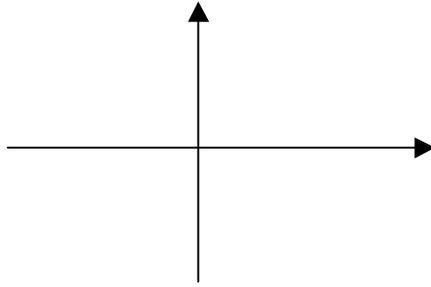
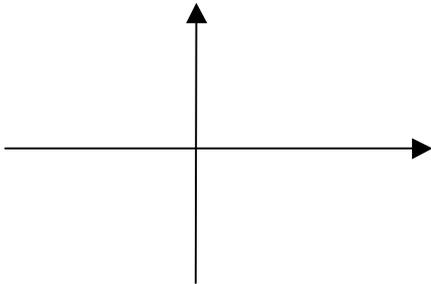
2- Aterre as entradas dos dois canais (Tecla GND) e centre o ponto na tela. Lembre-se que o controle POSITION do canal 1 deixa de atuar.

3- Ajuste os dois canais para trabalharem em DC

4- Ajuste a saída da fonte DC para 8 volts com o auxílio do voltímetro DC.

5- Posicione os fatores de escala dos dois canais em 2 Volts.

6- Ligue os dois canais do osciloscópio à saida da fonte DC.

7- Desaperte a tecla GND do canal 2 e desenhe o sinal obtido.

8- Aterre novamente a entrada do canal 2 e desaperte a tecla GND do canal 1 . Desenhe o sinal encontrado.

9- Desaperte agora também a tecla GND do canal 2 e desenhe o sinal obtido. Explique o resultado encontrado.

10- Desconecte os cabos do osciloscópio da fonte de alimentação e desligue-a.

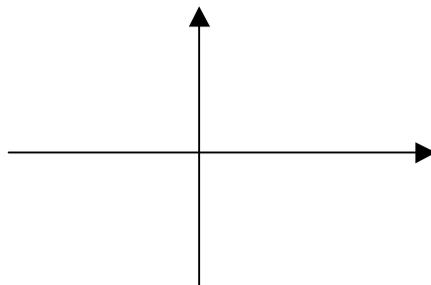
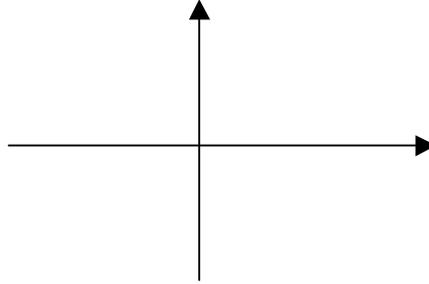
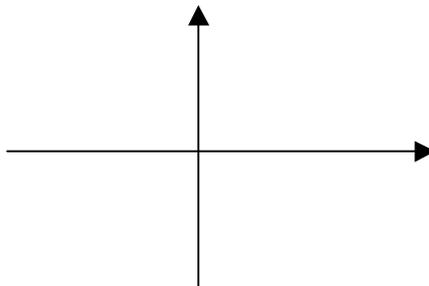
SINAIS AC

1- Verifique se o osciloscópio está ajustado para trabalhar em modo X-Y.

2- Aterre a entrada dos dois canais (Tecla GND) e centre o ponto na tela. Ajuste as chaves VOLTS/DIV para 5 Volts e as entradas para sinais DC.

3- Ligue as entradas dos dois canais na saída do transformador do módulo 2 (antes do diodo). Mantenha as teclas GND apertadas.

4- Ligue o módulo 2 .

5- Desaperte a tecla GND do canal 2. Desenhe a forma de onda obtida.

6- Aterre novamente a entrada do canal 2 .Desaperte a tecla GND do canal 1. Desenhe a forma de onda obtida.

7- Desaperte agora também a tecla GND do canal 2. Desenhe a forma de onda obtida e explique o resultado encontrado.

8- DESLIGUE TODOS OS MÓDULOS E INSTRUMENTOS

Questões

1) Qual seria a forma de onda na tela do osciloscópio, configurado para trabalhar com varredura externa (modo X-Y), caso aplicassemos um sinal senoidal no canal 1 e um sinal cossenoidal no canal 2 ?

2) Realizar um trabalho de pesquisa sobre as figuras de Lissajous.
endereço na Internet para aplicativo de Figura de Lissajous:
http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electro/lissajou.html

3) **Sites sobre Osciloscópio**
http://www.if.ufrj.br/teaching/oscilo/intro.html
http://usuarios.iponet.es/agusbo/osc/osc.htm

Aula Prática Nº 02

Título: Características de Diodos

Objetivo: Verificação do estado de diodos com o auxílio do ohmímetro; verificação de suas curvas características com o uso do osciloscópio.

MATERIAL NECESSÁRIO:

- Módulo 01
- Módulo 02
- Módulo 03,
- Multímetro digital,
- Miliamperímetro analógico com escala de 15 mA;
- Osciloscópio

Introdução Teórica

1 - DIODOS DE JUNÇÃO:

Os diodos de junção, como o próprio nome indica, são aqueles formados pela junção de dois materiais semicondutores dos tipo **p** e **n** e têm como símbolo o indicado no desenho da figura 1.

Figura 1

A corrente elétrica flui, no sentido convencional, do anodo para o catodo quando uma bateria é ligada com o polo positivo ao anodo e o negativo ao catodo e, nesta situação, dizemos que o diodo está **polarizado diretamente;** caso a bateria esteja ligada invertida, isto é, com o polo positivo no catodo e o negativo no anodo, o diodo não deixa passar nenhuma corrente e, neste caso, dizemos que o diodo está **polarizado reversamente**.

Existem muitos tipos de diodos para as mais variadas finalidades; talvez os de maior uso são aqueles que usamos para transformar tensão alternada em contínua e os que usamos para manter uma determinada tensão constante; os primeiros são chamados de **diodos retificadores** e os segundos de **diodos zener**. A figura 2 mostra o símbolo de um diodo zener.

Figura 2

Na prática, os componentes apresentam uma faixa numa das extremidades, que pode ser branca ou preta, para indicar o terminal corresponde ao catodo, conforme indicado nas figuras 1 e 2. A não ser que a pessoa seja bem experiente, é muito difícil identificar o tipo de diodo apenas por seu aspecto físico.

Por este motivo existem manuais e sites de fabricantes, onde, à partir da nomenclatura do diodo, ficamos sabendo todas as informações de que necessitamos, inclusive do tipo de semicondutor de que é fabricado o diodo (Si) ou (Ge).

MEDIÇÕES NOS DIODOS DE JUNÇÃO USANDO O MULTÍMETRO:

1) Inicialmente prepare seu multímetro para medir resistência. Insira os cabos de medição nos bornes apropriados, de preferência usando um cabo vermelho para a posição mais para a direita e um cabo preto na posição logo à esquerda onde se encontra a palavra "COMM". De um modo geral os multímetros digitais apresentam na posição de ohmímetro, polaridade de seus cabos no modo como voce fez a ligação, isto é, **cabo vermelho positivo** e **cabo preto negativo**.

2) Feito isto, ligue o multímetro.

3) Com o módulo 03 à sua frente e utilizando o multímetro, faça medições nos cinco diodos que se encontram no módulo, primeiramente ligando o cabo vermelho no anodo e o cabo preto no catodo (polarização direta) de cada um e anotando na tabela os resultados encontrados; em seguida inverta os cabos, vermelho no catodo e preto no anodo (polarização reversa), para cada um dos cinco diodos e anote novamente os resultados na tabela 1.

DIODO	POLARIZAÇÃO DIRETA	POLARIZAÇÃO REVERSA
D_1		
D_2		
D_3		
D_4		
D_5		

Tabela 1

4) De posse dos dados da tabela 1 tabela, o que voce pode concluir?

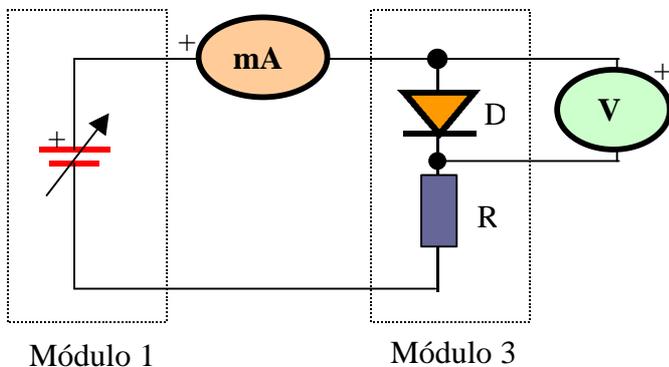



Figura 3

- Módulo 1- Fonte de tensão DC variável de 0 a 15 volts.
- Módulo 3- módulo de diodos.
- D – Diodo em teste no módulo 3.
- R – Resistor de 1kΩ do módulo 3.
- mA – miliamperímetro analógico na escala de 15mA.
- V – voltímetro digital para medir Vdc na escala de 20V.

5) Monte o circuito da figura 3, não se esquecendo de observar a polaridade dos instrumentos;

6) Ajuste a fonte de tensão DC do módulo 1 para 12 Volts com o auxílio do multímetro;

7) Coloque o diodo D_1 como diodo de teste inicial;

8) Energize o circuito;

9) Faça as leituras de corrente e tensão no amperímetro e no voltímetro e preencha a tabela 2;

10) Troque sucessivamente o diodo de teste até D_5 , sempre lendo os valores de corrente e tensão nos instrumentos; preenchendo a tabela 2 a seguir.

DIODO		D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
Polarização direta	Vvolt					
	I mA					
Polarização reversa	Vvolt					
	I mA					

Tabela 2

11) Examine atentamente a tabela 2 e procure tirar conclusões.

CURVAS DO DIODO NO OSCILOSCÓPIO

As curvas características (V x I) dos diodos podem ser observadas no osciloscópio se fizermos a montagem da figura 4 e ajustarmos o osciloscópio para operar com varredura externa (Modo X-Y);

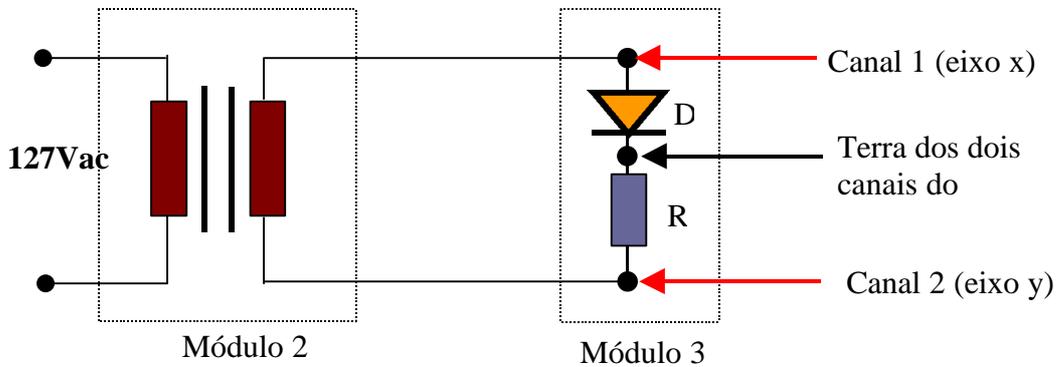
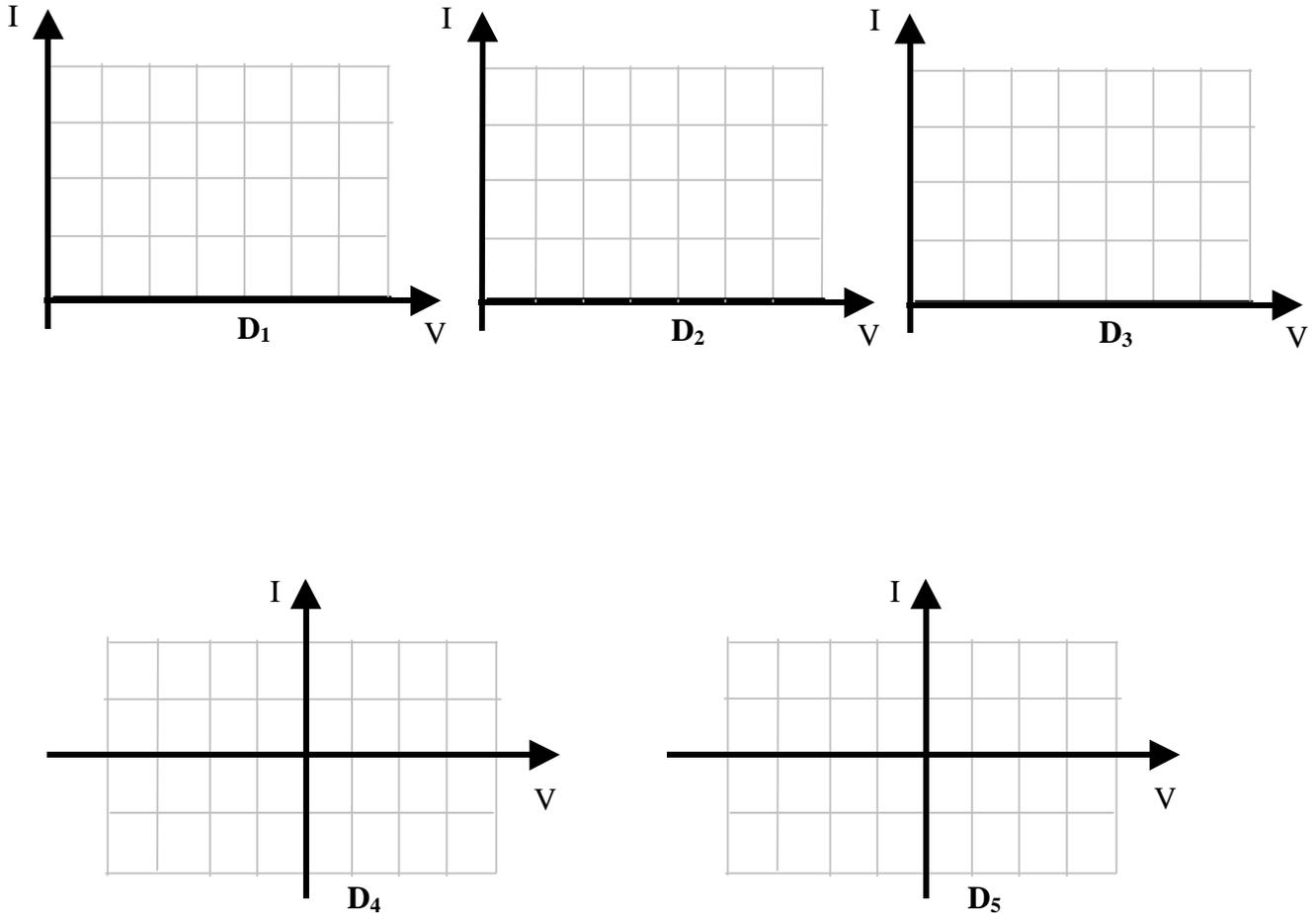



Figura 4

12) Monte o circuito da figura 4 utilizando os módulos 2 e 3. Peça orientação a seu professor caso tenha dificuldade com as ligações. Não se esqueça de manter os terras (pinos banana pretos) dos dois canais do osciloscópio ligados a um mesmo ponto.

Caso isso não seja observado o módulo 03 será danificado

13) Pressione a chave **invert** do canal 2 e ajuste o osciloscópio para trabalhar com varredura externa (**modo x-y**). Consulte a aula sobre Osciloscópio caso tenha dúvidas neste ajuste.

14) Troque sucessivamente o diodo de teste até D_5 e desenhe nos eixos à seguir as curvas obtidas para os vários diodos do módulo 03 indicando os valores de $V_{f\ e\ Vz}$

15) Através da análise das curvas obtidas é possível identificar a constituição e o tipo de diodo. Preencha a tabela abaixo.

Diodo	**Tipo (Retificador ou Zener)**	**Constituição (Si ou Ge)**	V_f	V_z
D_1				
D_2				
D_3				
D_4				
D_5				

16) Anote alguma conclusão que julgar necessário.

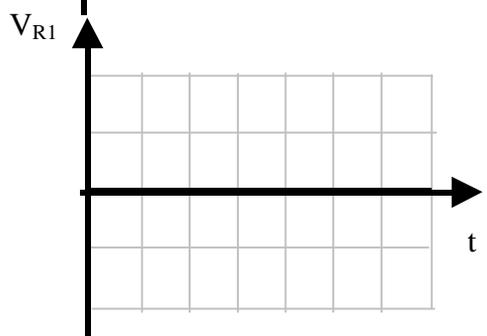
MEDIÇÃO DO TEMPO DE CHAVEAMENTO DOS DIODOS

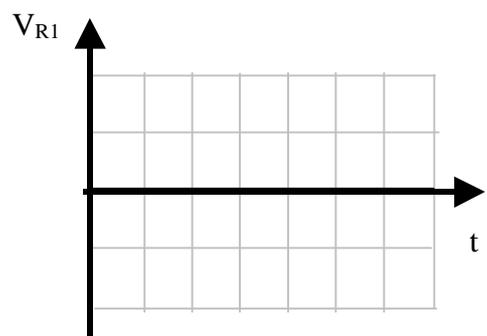
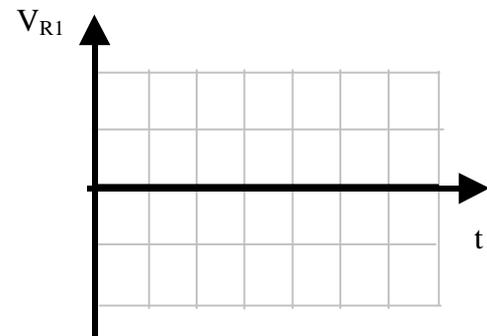
17) Ajuste o osciloscópio para voltar a trabalhar com varredura interna

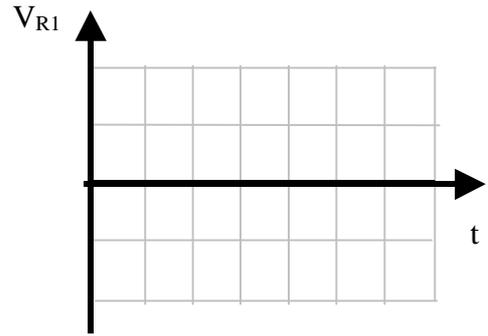
18) Transfira as ligações do anodo de D_5 para o anodo de D_2

19) Aplique um sinal quadrado de frequência igual a 100Hz e amplitude igual a 10Vpp, utilizando o gerador de sinais, na entrada do módulo 03

20) Ligue o osciloscópio de forma a observar no canal 1 o sinal de entrada e no canal 2 o sinal em cima de resistor R_1

21) Desenhe as formas de onda obtidas no item anterior e mostre em V_{R1} os intervalos de condução e corte do diodo nos eixos a seguir.

22) Varie a frequência do sinal de entrada , mantendo a amplitude do sinal constante, até observar em VR_1 que, mesmo no intervalo que anteriormente o diodo estava cortado, agora começa a existir condução. Desenhe o sinal obtido na carga V_{R1} e meça o tempo necessário para que o diodo corte.

Tempo para o diodo cortar: _______________

23) Aplique agora uma frequência de 1MHz e observe o que aconteceu. Desenhe a forma de onda em VR_1 e tente explicar o que ocorreu.

24) Substitua agora D_2 por D_1

25) Aplique novamente um sinal com frequência de 1MHz e observe o que aconteceu. Desenhe a forma de onda em VR_1 e tente medir o tempo de chaveamento do diodo. Explique o que ocorreu..

26) **Desligue e guarde todos os módulos e instrumentos**

Questões

.

1) Consulte na Internet os data sheet dos diodos retificador , de sinal e zener. Analise as diferenças em termos de parâmetros destes diodos.

Sugestão de sites:
www.semiconductors.philips.com
www.fairchildsemi.com
www.rectron.com/

2) Explicar as principais aplicações de cada tipo de diodo.

3) Pesquise ainda o que é Tempo de Recuperação Reversa de um diodo e explique então a diferença de comportamento, quando submetidos a frequências altas, de D_1 e D_2

Aula Prática Nº 03

Título: Retificador de meia onda e onda completa sem filtro capacitivo

Objetivo: Conhecer as principais características dos retificadores de meia onda e onda completa sem filtro capacitivo.

MATERIAL NECESSÁRIO:

- Módulo 02
- Módulo 05
- Módulo 06
- Osciloscópio
- Miliamperímetro DC O -500 mA
- Voltímetro DC O -20 V

RETIFICADOR DE MEIA ONDA

DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

O circuito retificador de meia onda é o método mais simples de converter tensões AC em DC. A fig.1 mostra o diagrama elétrico do circuito retificador de meia onda, assim como as formas de onda da tensão na entrada, no diodo e na saída. A tensão de entrada é senoidal da forma Vi = Vm sen wt.

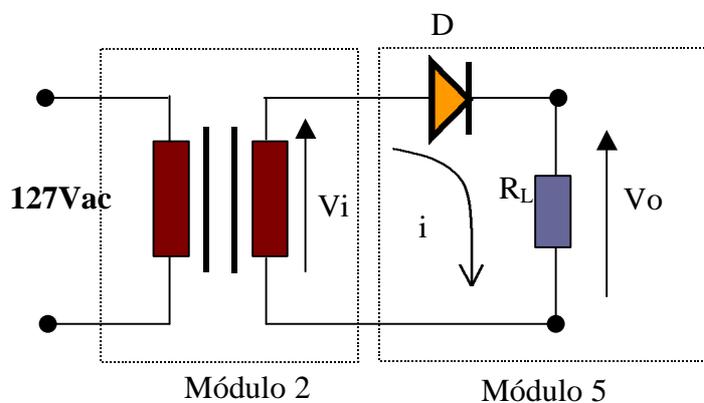
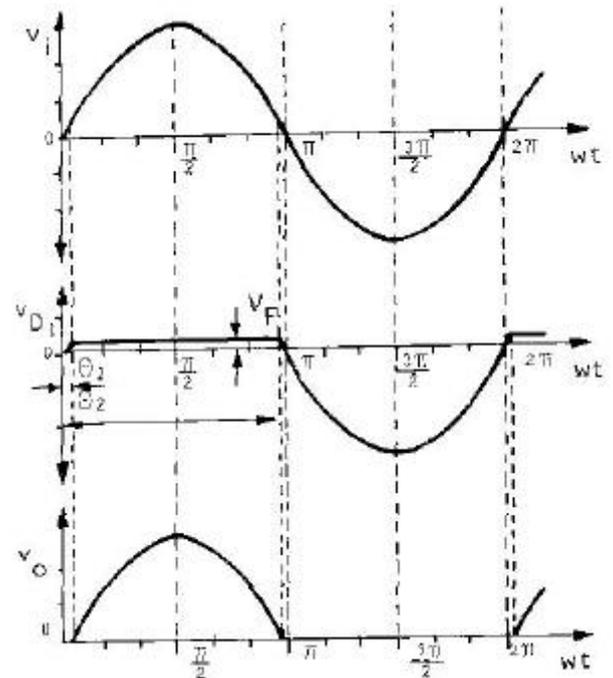



Figura 1

Para valores positivos da tensão de entrada o diodo fica polarizado diretamente, permitindo o fluxo de corrente no circuito. Assim a tensão na carga neste intervalo será Vo = Vi - V_{dl}. Quando a tensão de entrada se inverte assumindo valores negativos, o diodo fica polarizado reversamente tornando a corrente no circuito igual a zero, desta forma, neste intervalo a tensão na saída será zero.

RETIFICADOR DE ONDA COMPLETA

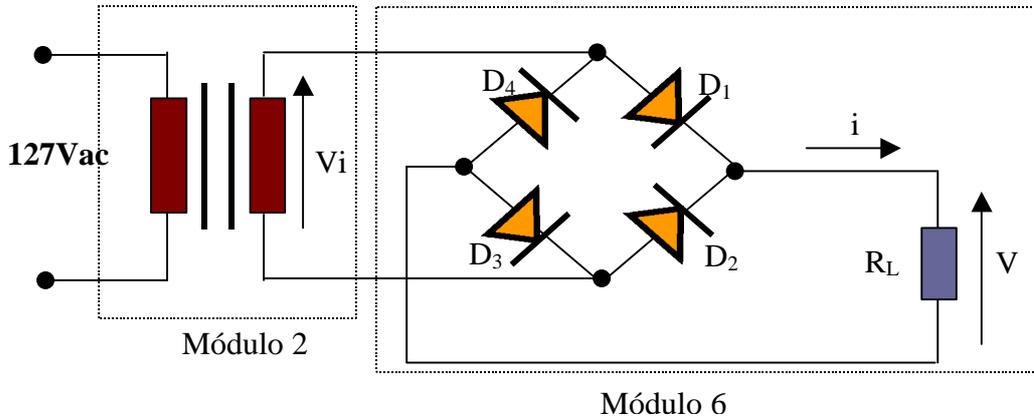
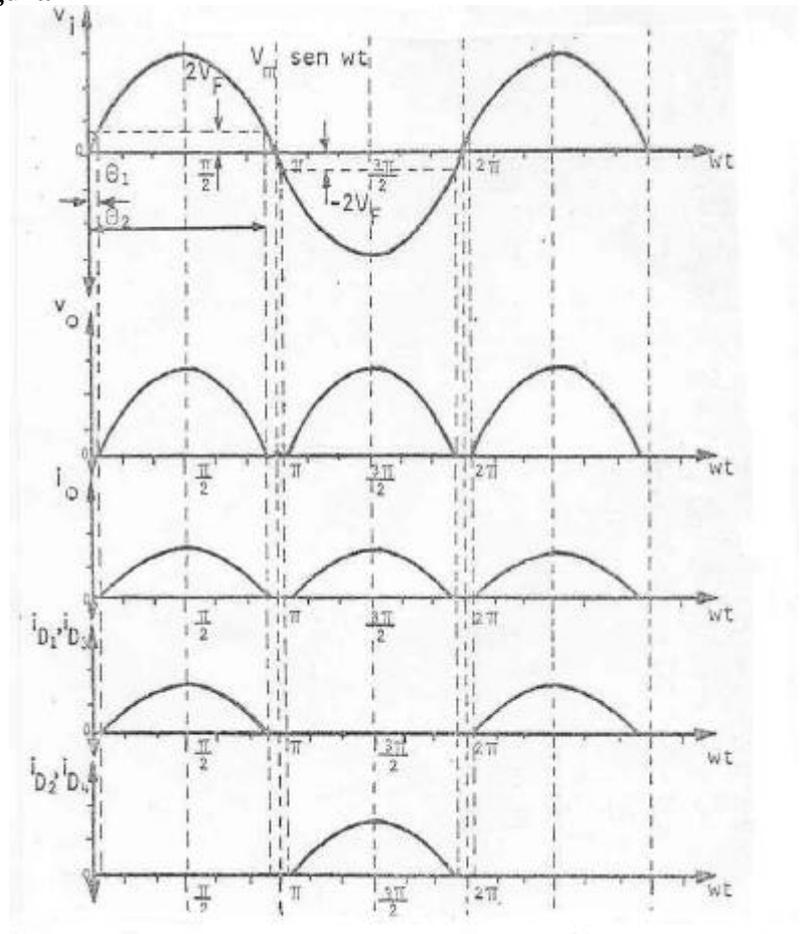
DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

Módulo 6

Figura 2

A figura 2 mostra o diagrama elétrico do circuito retificador de onda completa em ponte, assim como as formas de onda de tensão e corrente nos vários pontos do circuito. A tensão de entrada é senoidal da forma: Vi = Vm senwt. Para valores positivos da tensão de entrada os diodos D_2 e D_4 ficam polarizados reversamente e os diodos D_1 e D_3 polarizados diretamente permitindo o fluxo de corrente na carga da direita para a esquerda como mostrado na figura 2. Quando a tensão de entrada se inverte assumindo valores negativos, os diodos D_1 e D_3 ficam polarizados reversamente e os diodos D_2 e D_4 polarizados diretamente, permitindo o fluxo de corrente na carga da direita para a esquerda (mesmo sentido obtido com tensões positivas na entrada. Desta forma fica claro que, para um período completo da tensão de entrada, a corrente na fonte AC continua sendo alternada enquanto na carga ela será sempre pulsante e unidirecicional.

Parte Prática

1) Interligue os módulos 02 e 05 de forma a aplicar no módulo 05 uma tensão senoidal de amplitude reduzida.

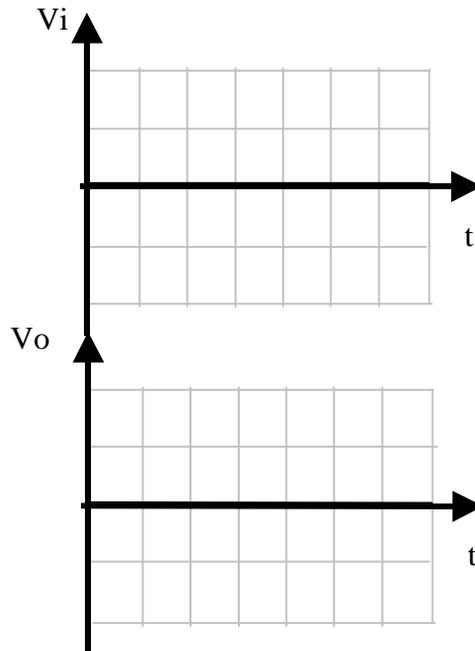
2) Posicione as escalas de amplitude do osciloscópio no seu valor máximo.

3) Aplique em um dos canais do osciloscópio o sinal de entrada e no outro o sinal de saída. Lembre-se que os terras devem estar sempre no mesmo ponto.

4) Ligue um miliamperímetro DC (0-500mA) para leitura da corrente na carga e um voltímetro DC (0-20V) para leitura da tensão sobre a mesma.

5) Alimente o circuito e meça os valores da corrente e tensão média na carga.

I_{DC}=_____________ V_{DC}=_____________

6) Desenhe as formas de onda das tensões de entrada e de saída.

7) Sabendo-se que o sinal de entrada é da forma $V_i = V_{max}$ sen ωt deduza, para a próxima aula, a expressão do valor médio do sinal na saída do retificador de meia onda. Lembre-se que :

$$V_{DC} = \frac{1}{T}\int_0^T Vi \; dt$$

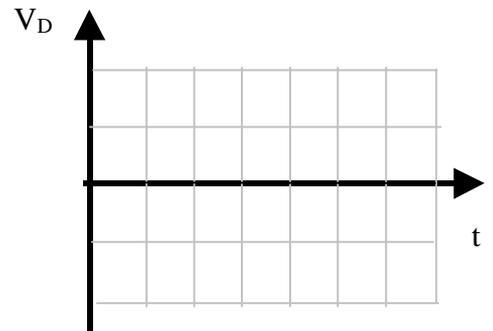
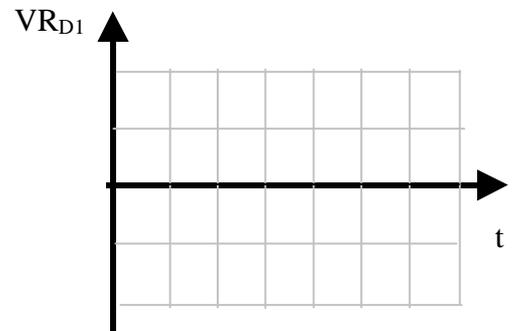
8) Leia o valor da máxima tensão na saída (tensão de pico) e calcule V_{DC} e I_{DC}

$$V_{DC} = \frac{V_{max}}{p} \qquad I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R_L}$$

9) Compare os valores calculados com os valores medidos no item 6.

10) Desligue os terminais do osciloscópio do circuito e ligue-os de forma a observar a queda de tensão em cima do diodo D_1 no canal 1 e em cima do resistor R_{Dl} no canal 2. **Atenção para que os pinos de terra dos dois canais do osciloscópio estejam em um ponto comum**.Observe que neste caso a amostra em cima de R_{Dl} será tomada invertida já que os terminais de terra dos dois canais devem estar em um mesmo ponto. Esta amostra poderá ser colocada na posição correta atuando-se na chave CH2 inv.

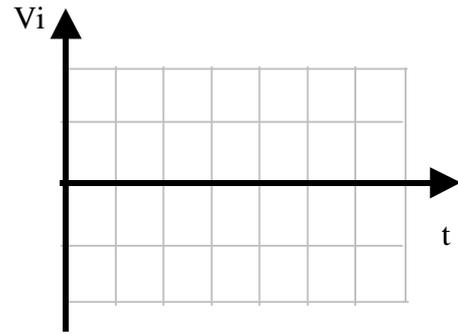
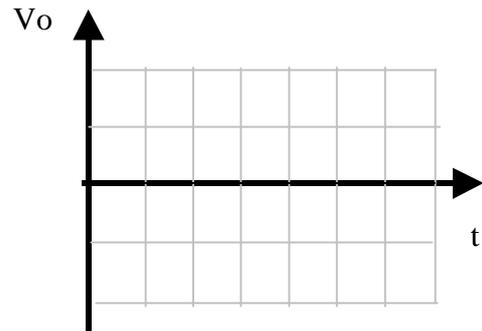
11) Posicione a escala de amplitude do canal 2 em 20mV/DIV. Como esta amostra de tensão é retirada do resistor R_{D1} de 1Ω, a escala de amplitude deste canal poderá ser convertida em escala de corrente de 20mA/DIV pois:

$$\frac{20mV / Div}{1\Omega} = 20mA / Div$$

12) Desenhe as formas de onda da tensão e corrente (tensão sobre R_{Dl}) no diodo. Lembre-se que a amostra de corrente do diodo é tomada invertida, caso você não tenha atuado na chave CH2 inv. **Atenção para utilizar o fator de escala adequado**.

13) Desligue a chave liga-desliga do módulo 02.

14) Substitua agora o módulo 5 pelo módulo 6 e ligue o miliamperímetro DC e o voltímetro-DC de forma a medir a corrente e a tensão em R_1(220Ω).

15) Ligue novamente o módulo 2 e leia o valor da tensão e corrente em R_1 utilizando o multímetro.

I_{DC}=____________ V_{DC}=____________

16) Ligue o osciloscópio para observar o sinal de entrada. Desenhe a forma de onda da tensão de entrada no eixo ao lado.

17) Desligue o cabo do osciloscópio da entrada e ligue-o para observar a forma de onda na carga R_1 . Desenhe a forma de onda da saída no eixo ao lado.

18) Sabendo-se que o sinal de entrada é da forma $Vi=V_{max}$ sen ωt deduza, para a próxima aula, a expressão valor médio da tensão na carga para o retificador de onda completa. Lembre-se que :

$$V_{DC} = \frac{1}{T}\int_0^T Vi\ dt$$

Questões

1) Qual a relação entre a corrente média no diodo e a corrente média na carga em um circuito retificador de meia-onda?

2) Qual a relação entre a corrente média nos diodos e a corrente média na carga em um circuito retificador de onda-completa?

3) Explicar porque não é possível observar a forma de onda na entrada e na carga em um circuito retificador de onda completa em ponte.

4) O que aconteceria com a corrente na carga de um retificador de onda completa caso um dos diodos da ponte retificadora queimasse abrindo o circuito?

Aula Prática Nº 04

Título: Retificador de meia onda e onda completa com filtro capacitivo

Objetivo: Conhecer as principais características dos retificadores de meia onda e onda completa com filtro capacitivo.
Analisar o comportamento do capacitor com filtro

MATERIAL NECESSÁRIO:

- Módulo 02
- Módulo 05
- Módulo 06
- Osciloscópio
- Miliamperímetro DC O -500 mA
- Voltímetro DC O -20 V

RETIFICADOR DE MEIA ONDA

DESCRIÇÃO DO CIRCUITO
A figura 1 mostra o diagrama elétrico do circuito retificador de meia-onda com filtro capacitivo, assim como as formas de onda de tensões e correntes nos diversos pontos do circuito. Podemos observar que para este circuito o diodo só conduzirá no intervalo em que a tensão de entrada "Vi" se torna superior a tensão de saída "Vo" (ou tensão no capacitor), e neste intervalo ele fornece energia para a carga "R_L" e carrega o capacitor até aproximadamente Vmax.

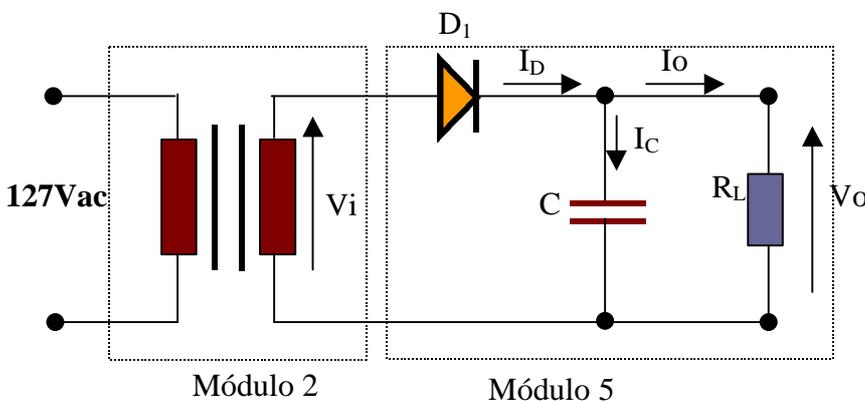



Figura 1

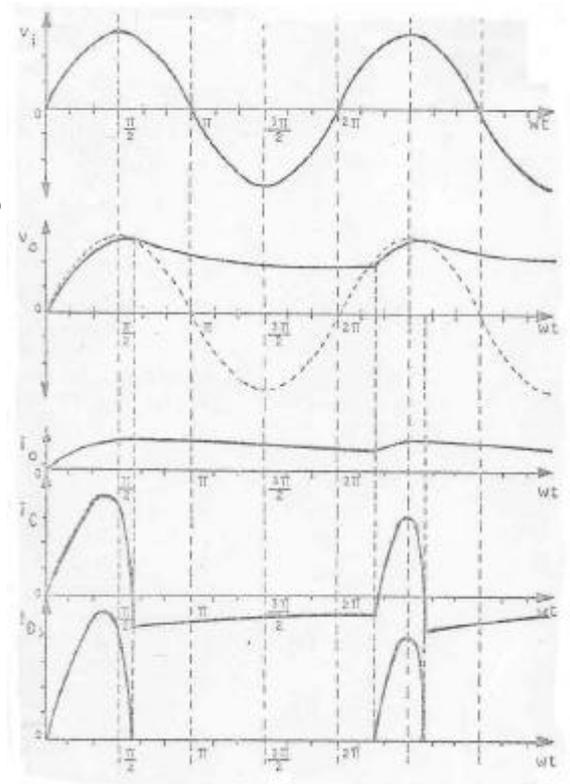
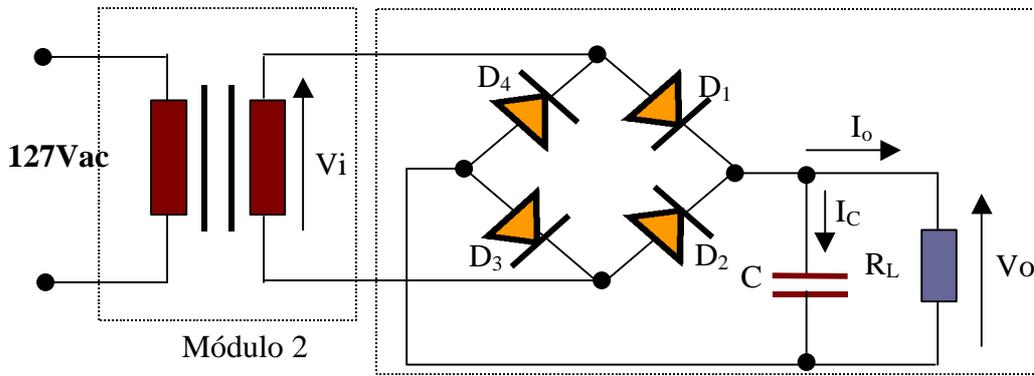
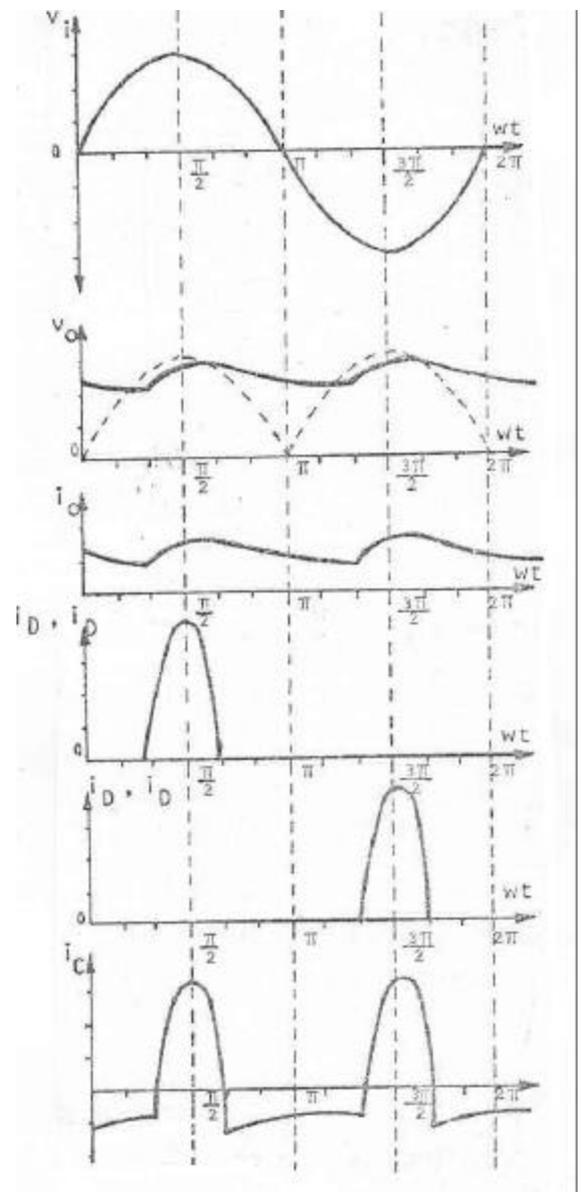
Para os valores onde a tensao de entrada se torna menor que a tensão de saída, o diodo fica polarizado reversamente e sua corrente se torna zero. Assim a corrente na carga é mantida pela energia armazenada no capacitor no intervalo anterior, no qual o diodo estava conduzindo.

RETIFICADOR DE ONDA COMPLETA

DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

Figura 2

A figura 2 mostra o diagrama elétrico do circuito retificador de onda completa em ponte com filtro capacitivo, assim como as formas de onda de tensões e correntes nos diversos pontos de circuito. Podemos observar que para este circuito os diodos D_1 e D_3 ou D_2 e D_4 só conduzirão quando o módulo da tensão de entrada for maior que Vo. Para Vi positivo e maior que Vo D_1 e D_3 conduzem, para Vi negativo e seu módulo maior que Vo D_2 e D_4 conduzem.

No intervalo que os diodos conduzem, o transformador fornecerá energia para a carga R_L e carregará o capacitor até aproximadamente Vmax.

Quando o módulo da tensão de entrada é inferior à tensão de saída, os diodos não conduzem e a corrente na carga R_L é mantida pela energia do capacitor.

Parte Prática

1) Interligue os módulos 02 e 05 de forma a aplicar no módulo 05 uma tensão senoidal de amplitude reduzida.

2) Posicione a escala da base de tempo compatível com a frequência do sinal a ser lido. Lembre-se que a frequência da rede é de 60Hz e o período 16ms

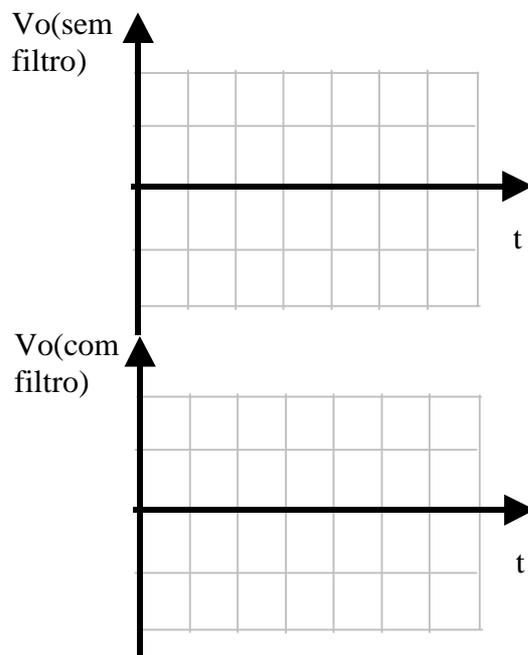
3) Ligue um miliamperímetro DC (0-500mA) para leitura da corrente na carga (resistor de 220Ω) e um voltímetro DC (0-20V) para leitura da tensão sobre a mesma. Ligue o capacitor C_1 no circuito.

4) Alimente o circuito e meça então os valores da corrente e tensão na carga.

I_{DC}=____________ V_{DC}=____________

5) Retire o capacitor do circuito e observe o que acontece com a tensão e corrente na carga. Tente explicar.

6) Ligue os terminais do osciloscópio na saída do circuito.

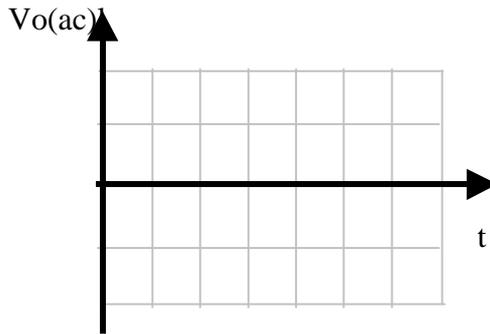
7) Desenhe as formas de onda da tensão na saída sem e com o filtro capacitivo, e compare-as.

8) Leia, em Vo com filtro o valor do ângulo de disparo do diodo (θd). Lembre-se de usar uma escala de tempo em ms.

θd =

9) Determine ainda o ângulo de condução do diodo. Compare o resultado obtido com a condução do diodo sem filtro.

θc =

10) Posicione a tecla AC-DC em AC para a leitura da componente alternada V_{AC} da tensão de saída. Varie o fator de escala para permitir uma maior precisão na leitura.

11) Desenhe a forma de onda Vo(ac) no eixo abaixo.

12) Determine o valor eficaz da componente AC.

$$Vac_{RMS} = \frac{Vo_{(AC)pp}}{2\sqrt{3}}$$ Vac_{RMS}=

13) Determine o valor do fator de Ripple utilizando os valores dos itens 4 e 12.

$$g = \frac{Vac_{RMS} x100\%}{Vdc_{(c\arg a)}}$$

14) Desligue o capacitor C_1 do circuito e ligue o capacitor C_2. Com o auxilio do multímetro calcule o novo fator de Ripple.

γ_{C2}=

15) Compare os valores dos fatores de Ripple com C_1 e com C_2.

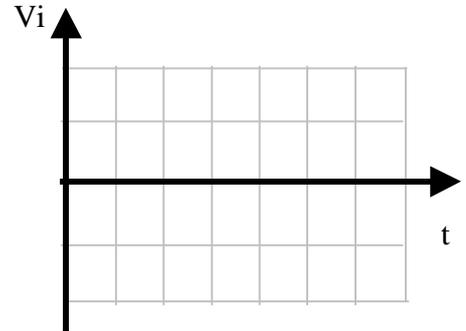
16) **Desfaça todas as ligações**.

17) Interligue os módulos 02 e 06 de forma a aplicar um sinal senoidal de amplitude reduzida na entrada da ponte retificadora.

18) Posicione as escalas de amplitude e tempo compatíveis com os valores reais a serem lidos. Ligue o amperímetro e o voltímetro para ler a corrente e tensão na carga

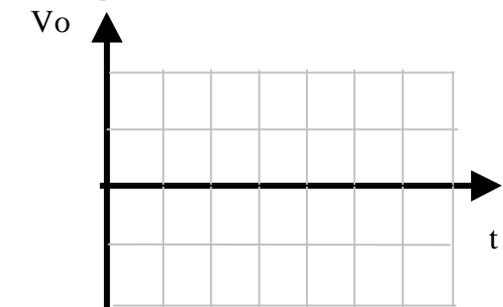
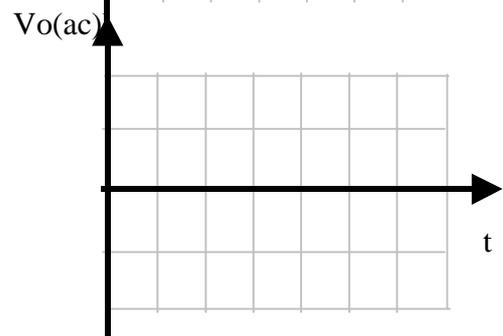
19) Ligue o capacitor C_1 em paralelo com a carga R_1. **Atenção: A carga é o resistor R_1.**

20) Ligue as entradas do osciloscópio, alternadamente, na entrada (antes da ponte retificadora) e na carga. **Atenção: Os terras dos dois canais do osciloscópio são interligados e portanto não é possível observar a entrada e a saída do circuito simultaneamente.**

21) Desenhe as formas de onda das tensões de entrada e saída.

22) Leia no osciloscópio o valor da tensão na carga (R_1=220Ω) e calcule Idc.

V_{DC}=____________ I_{DC}=____________

23) Leia no voltímetro o valor da tensão na carga (R_1=220Ω). Leia também no amperímetro o valor da corrente na carga. Compare com os valores obtidos no item anterior.

V_{DC}=____________ I_{DC}=____________

24) Ajuste a escala de amplitude do canal que estiver monitorando a saída para 0,5V/div, e a tecla AC-DC para AC.

25) Esboce a forma de onda de $Vo_{(AC)}$.

26) Determine o valor eficaz da componente AC.

$$Vac_{RMS} = \frac{Vo_{(AC)pp}}{2\sqrt{3}}$$

Vac_{RMS}=

27) Determine o valor do fator de Ripple.

$$g = \frac{Vac_{RMS}\, x100\%}{Vdc_{(carga)}}$$

28) Substitua C_1 por C_2.

29) Leia no voltímetro o valor da tensão na carga (R_1=220Ω). Leia também no amperímetro o valor da corrente na carga. Compare com os valores obtidos com C_1.

V_{DC}=_____________ I_{DC}=_____________

30) Utilizando o multímetro meça o valor da tensão eficaz na carga e calcule o novo fator de Ripple.

γ_{C2}=

31) **Desligue e guarde todos os módulos e instrumentos**

Questões

1) Qual a relação entre o valor do fator de Ripple e o valor do capacitor?

2) Qual a relação entre o valor do capacitor e o ângulo de condução dos diodos em um retificador?

3) Qual a relação entre a corrente média na carga e no diodo em um retificador de meia onda? E em um retificador de onda completa em ponte?

Aula Prática Nº 05

Título: Aplicação do Diodo Zener como regulador

Objetivo: Analisar o comportamento do Diodo Zener como elemento regulador de tensão

Equipamentos Necessários:

- Módulo 02
- Módulo 06
- Osciloscópio
- Miliamperímetro
- Voltímetro

Parte Teórica

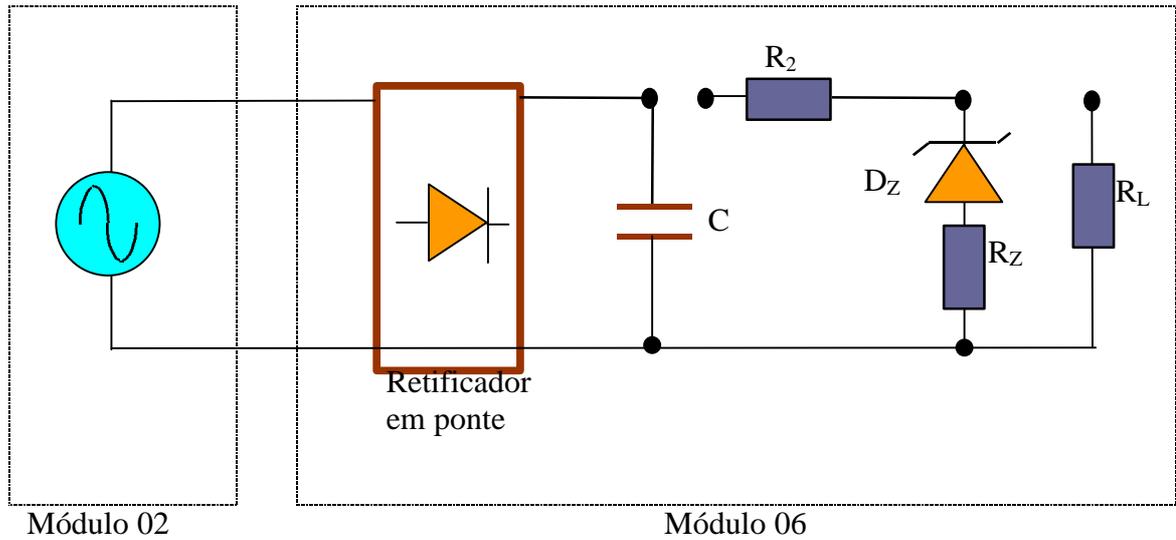
1) Desenhar uma curva característica de um diodo zener mostrando as principais tensões e correntes envolvidas.

2) Através da análise do circuito a ser utilizado nesta aula prática identificar a função de cada um dos componentes abaixo:.

➲ Ponte retificadora:

➲ Capacitor (C):

➲ Resistor (R_2):

➲ Diodo Zener:

Parte Prática

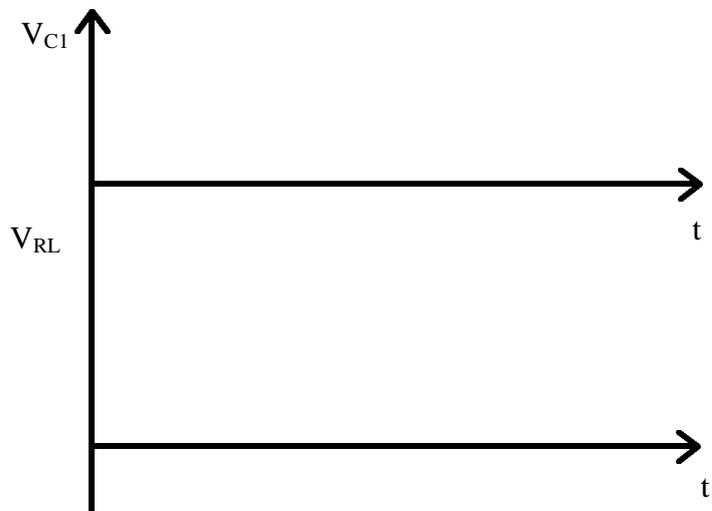
1) Interligue os módulos 02 e 06 a fim de formar o circuito acima utilizando C_1 e R_L.
Não conecte o diodo zener por enquanto.

2) Ligue as entradas do osciloscópio de forma a que se tenha no canal 1 a forma de onda no capacitor (C_1) e no canal 2 a forma de onda na carga (R_L).

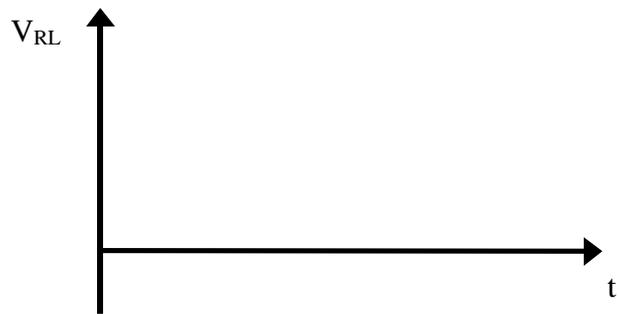
3) Ligue um miliamperímetro DC e um voltímetro DC para medir a corrente e tensão na carga.

4) Ligue o circuito e meça a corrente e tensão na carga e calcule o valor de R_L.

I_{RL} = __________ V_{RL}= ___________ logo R_L = ____________

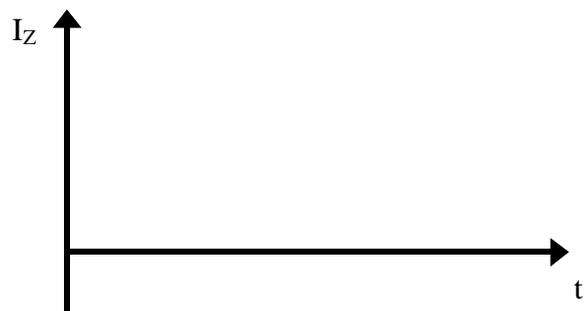
5) Desenhe as formas de onda no capacitor (C_1) e na carga (R_L) nos eixos ao lado, indicando as respectivas amplitudes.

6) Meça o valor do fator de ripple (γ) na carga R_L utilizando o osciloscópio e o multímetro digital. Compare os dois resultados

$$\gamma = \frac{V_{AC(rms)}}{V_{DC}} \Rightarrow \gamma_{(osciloscópio)} = ________ \quad \gamma_{(multímetro)} = ____________$$

7) Conecte agora o diodo zener ao circuito. Desenhe no eixo ao lado a nova forma de onda em R_L indicando a respectiva amplitude. Explique o novo comportamento.

8) Meça também o novo fator de ripple e compare com aquele obtido no item 6 . Explique as diferenças encontradas.

$$\gamma = \frac{V_{AC(rms)}}{V_{DC}} =$$

9) Ligue agora o canal 1 do osciloscópio para observar a forma de onda da corrente no diodo zener. Para isso ligue os terminais do osciloscópio no resistor R_Z de 1Ω. Como o valor do resistor é conhecido basta dividir o valor do fator de escala do osciloscópio (Volts /divisão) por 1Ω para que se tenha um fator de escala graduado em Ampere/divisão. Faça isso e anote o fator de escala encontrado.

10) Observe a forma de onda da saída e de Iz simultaneamente no osciloscópio. Tire conclusões sobre a condução do diodo. Desenhe a forma de onda da corrente I_Z no eixo ao lado.

11) Desligue a alimentação do circuito .

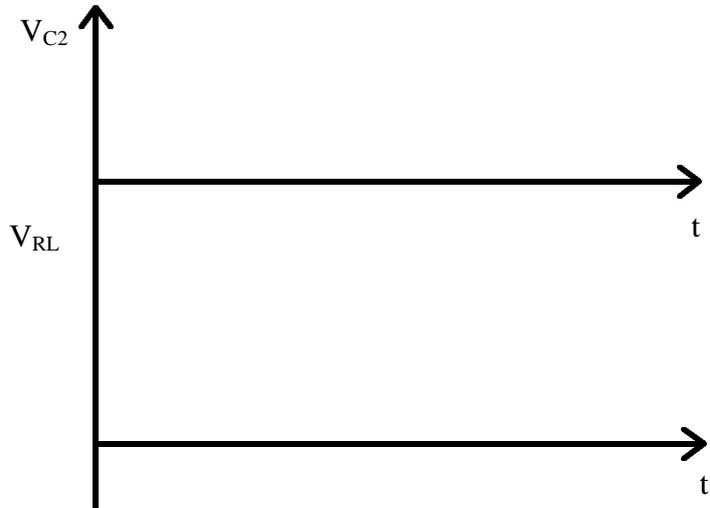
12) Substitua o capacitor C_1 por C_2.

13) Ligue as entradas do osciloscópio de forma a que se tenha na canal 1 a forma de onda no capacitor (C_2) e no canal 2 a forma de onda na carga (R_L).

14) Meça a corrente e tensão na carga.

I_{RL} = __________ V_{RL}= ___________

15) Compare os valores da corrente e tensão na carga utilizando C_1 e C_2. Explique as diferenças encontradas.

16) Desenhe as formas de onda no capacitor (C_2) e na carga (R_L) nos eixos ao lado, indicando as respectivas amplitudes.

17) Explique as diferenças entre as formas de onda na carga para C_1 e C_2 .

18) Como poderiamos alterar o valor da carga para resolver o problema da regulação quando C_1 foi substituido por C_2 .

18) Ligue agora o canal 1 do osciloscópio para observar a forma de onda da corrente no diodo zener. Para isso ligue os terminais do osciloscópio no resistor R_Z de 1Ω. Como o valor do resistor é conhecido basta dividir o valor do fator de escala do osciloscópio (Volts /divisão) por 1Ω para que se tenha um fator de escala graduado em Ampere/divisão.

19) Observe a forma de onda da saída e de Iz simultaneamente no osciloscópio. Tire conclusões sobre a condução do diodo. Desenhe a forma de onda da corrente I_Z no eixo ao lado.

20) Compare a forma de onda de I_Z utilizando C_1 e C_2 .

22) **Desligue e guarde todos os módulos e instrumentos**.

Questões

1) Utilizando conceitos de retificadores explique o que representa o valor do fator de ripple e como medi-lo?

2) Baseado nas observações retiradas nesta prática identifique algumas limitações do uso do diodo zener como elemento regulador de tensão.

3) Qual a relação entre o valor do capacitor e o valor do fator de ripple ?

4) Utilizando catálogos de fabricantes quais são os principais parâmetros para a especificação de um diodo zener ?

Aula Prática Nº 06

Título: Aplicações Gerais dos Diodos

Objetivo: Capacitar o aluno a compreender o funcionamento de circuitos básicos utilizando diodos retificadores, diodos zener e transitores em circuitos lógicos

Material Necessário

- Módulo 01,
- Módulo 02,
- Módulo 04(ELT 1),
- Osciloscópio
- Multímetro

A) PORTAS LÓGICAS USANDO DIODOS

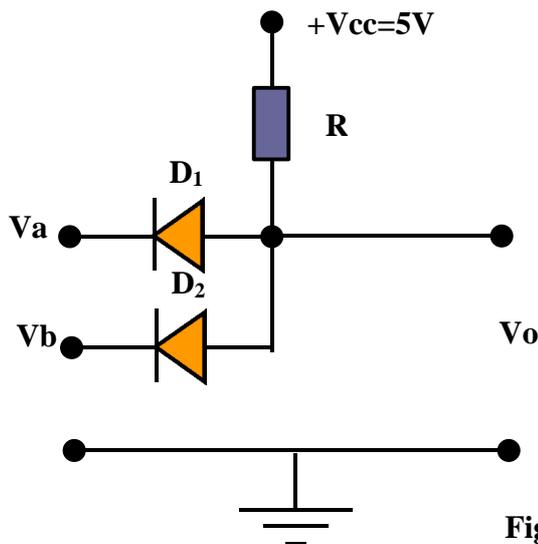
Explicar o funcionamento do circuito da figura 1

Va	Vb	Vo
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Figura 1

B) CIRCUITO GRAMPEADOR

Explicar o funcionamento do circuito da figura 2 considerando a forma de onda da figura 3

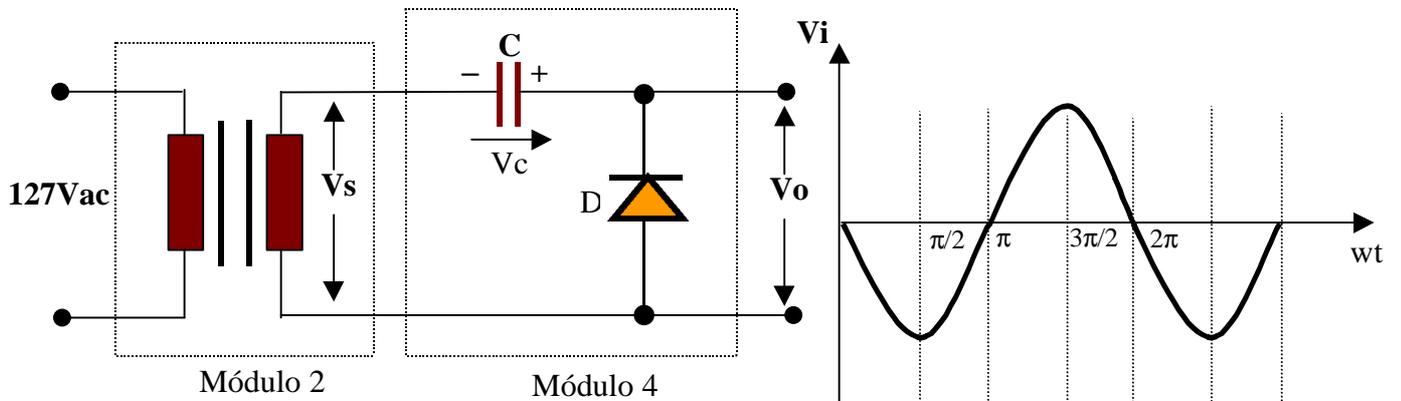



Figura 2

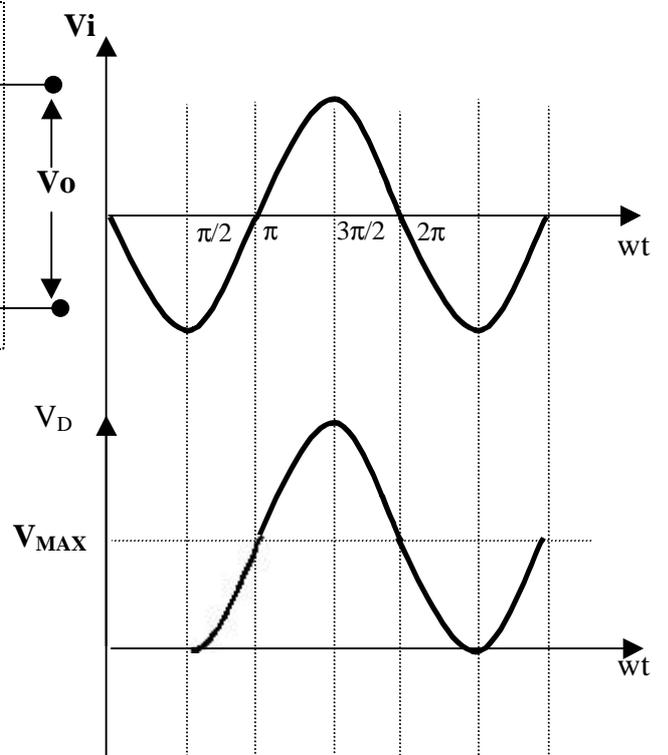



Figura 3

C) CIRCUITO LIMITADOR

Explicar o funcionamento do circuito da figura 4

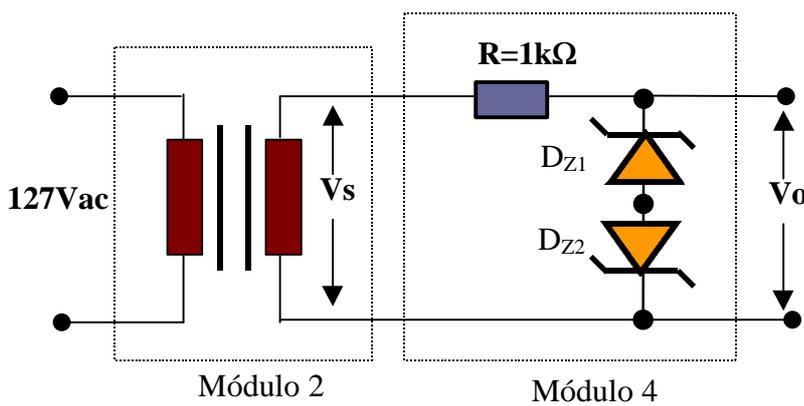



Figura 4

PARTE PRÁTICA

A) PORTAS LÓGICAS COM DIODOS

1) Identificar o circuito abaixo(fig. 5) nos circuitos disponíveis no módulo 04

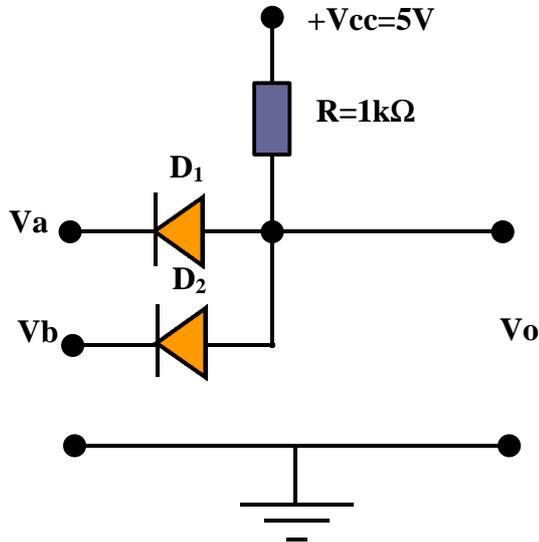



Figura 5 Porta AND (E) de duas entradas com diodos.

2) Meça V_o para diferentes combinações de V_a e V_b , e comprove o funcionamento do circuito como uma porta AND (E) ;

   Considere os níveis lógicos: "0 " = 0,7 V e "1" = 5,0 V

Va	Vb	Vo
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

B) CIRCUITO GRAMPEADOR

3) Monte o circuito da fig 6 utilizando o módulo 02 e o módulo 04.

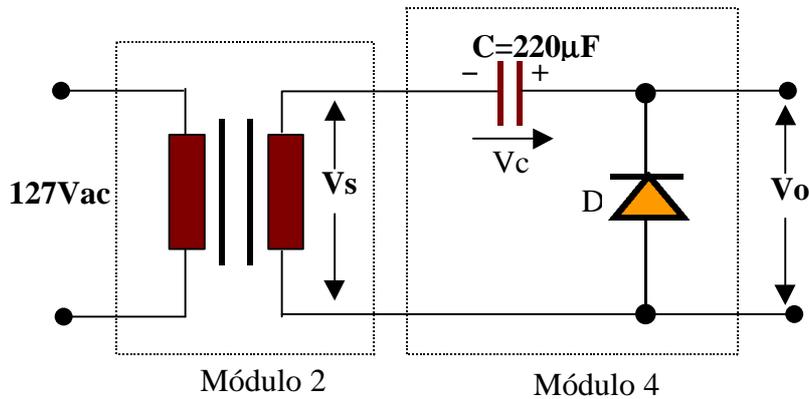



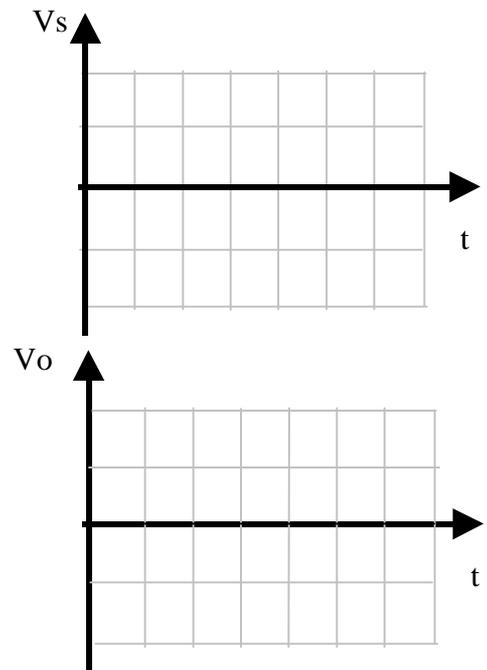
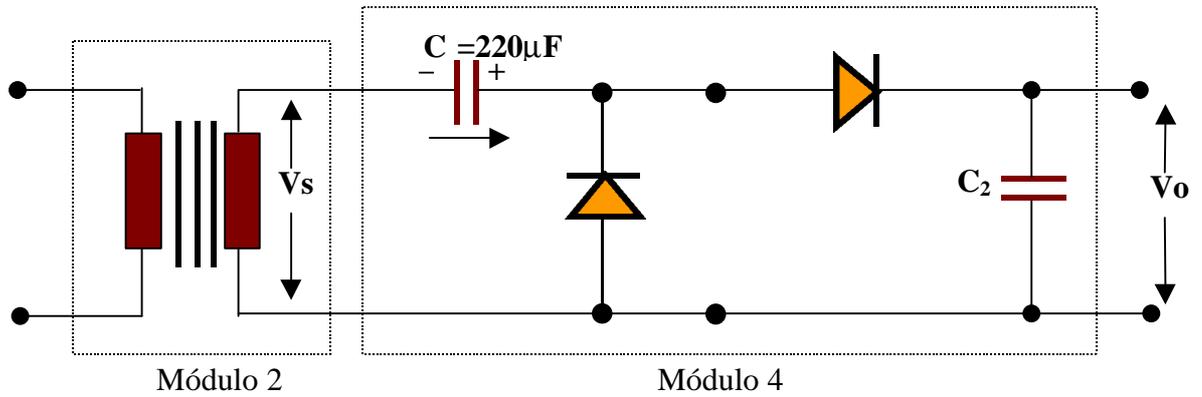
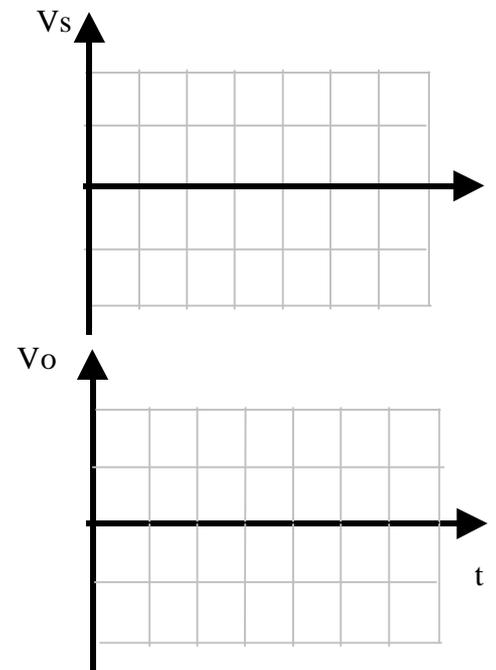
Figura 6 - Circuito Grampeador

4) Observar e anotar as formas de onda das tensões V_S e V_O. Verificar se as entradas do osciloscópio estão ajustadas para a posição DC.

5) Medir e anotar a componente contínua de V_O , utilizando o osciloscópio:

$V_{O(DC)}$ =

6) Medir também o valor de tensão existente em C (pode ser usado o multímetro). Comprove que o capacitor é capaz de manter sua carga durante todo o tempo de funcionamento do circuito.

V_C =

7) Montar agora o circuito da figura 7 e explicar o seu funcionamento teórico.

8) Ligue o osciloscópio de forma a observar as formas de onda na entrada e saída do novo circuito. Desenhe-as nos eixos apropriados mostrando as respectivas amplitudes

9) Compare os resultados práticos com os resultados teóricos.

C) CIRCUITO LIMITADOR COM DIODO ZENER

10) Identificar no módulo 04 o circuito abaixo, com dois diodos zener, na configuração "anti-série ", fig 8.

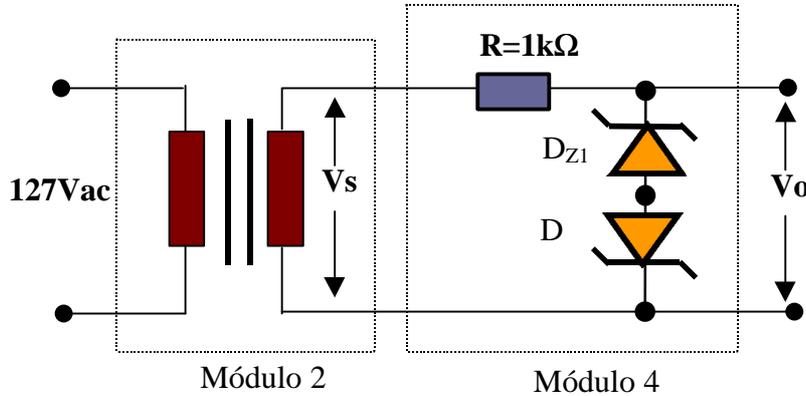



Fig. 8 Circuito limitador de dois níveis

11) Antes de ligar o circuito, procure visualizar teoricamente a forma de onda que deverá ser obtida na saída.

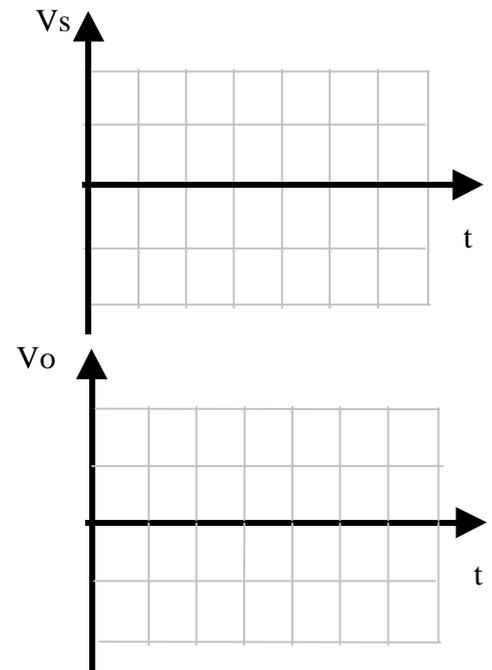
12) Ligar o osciloscópio de forma a observar a forma de onda no resistor R no canal 1 e na saída Vo no canal 2, observar e anotar as formas de onda nos eixos apropriados.

Atenção para que os terras dos dois canais estejam no mesmo ponto.
Lembrar ainda que o sinal do canal 2 estará invertido e deverá ser desenhado corretamente.

13) Baseado na forma de onda de V_O, quais os valores das tensões zener?

V_{Z1} = ____________ V e V_{Z2} = ____________V

14) Curte circuite o diodo D_{Z2} e observe a forma de onda em Vo. Compare com a forma de onda obtida com os dois diodos no circuito.

15) **Desligue e guarde todos os módulos e instrumentos**

Questões

1) Como seria o circuito de uma porta AND de 4 entradas utilizando diodos?

2) E uma porta OR de duas entradas?

3) Como conseguir em um circuito dobrador de tensão um sinal de saída com a polaridade oposta àquela obtida no circuito estudado nesta aula ?

   Desenhar um circuito limitador que atue apenas no semiciclo positivo, e outro que atue

   retificador e um resistor. Explique o funcionamento destes circuitos utilizando formas de onda.

Aula Prática Nº 07

Título: Características de transistores

Objetivo: Verificação do estado de transistores com o auxílio do ohmímetro; verificação de suas curvas características com o uso do osciloscópio.

MATERIAL NECESSÁRIO

- Módulo 01,
- Módulo 02,
- Módulo 07,
- Multímetro digital,
- Miliamperímetro analógico com escala de 15 mA;
- Osciloscópio

Parte Prática

1-MEDIÇÕES EM TRANSISTORES DE JUNÇÃO BIPOLARES

Com o multímetro ligado como ohmímetro vamos fazer algumas medições em transistores, com a finalidade de saber o seu estado, bem como tentar descobrir se o mesmo é do tipo PNP ou NPN e também descobrir quais são os terminais correspondentes ao Emissor, Base e Coletor.

De posse do módulo 07, onde se encontra o transistor, vamos fazer medições com o ohmímetro e colocar os resultados na tabela 1.

JUNÇÃO B-E		JUNÇÃO B-C		JUNÇÃO C-E	
DIRETA	REVERSA	DIRETA	REVERSA	DIRETA	REVERSA

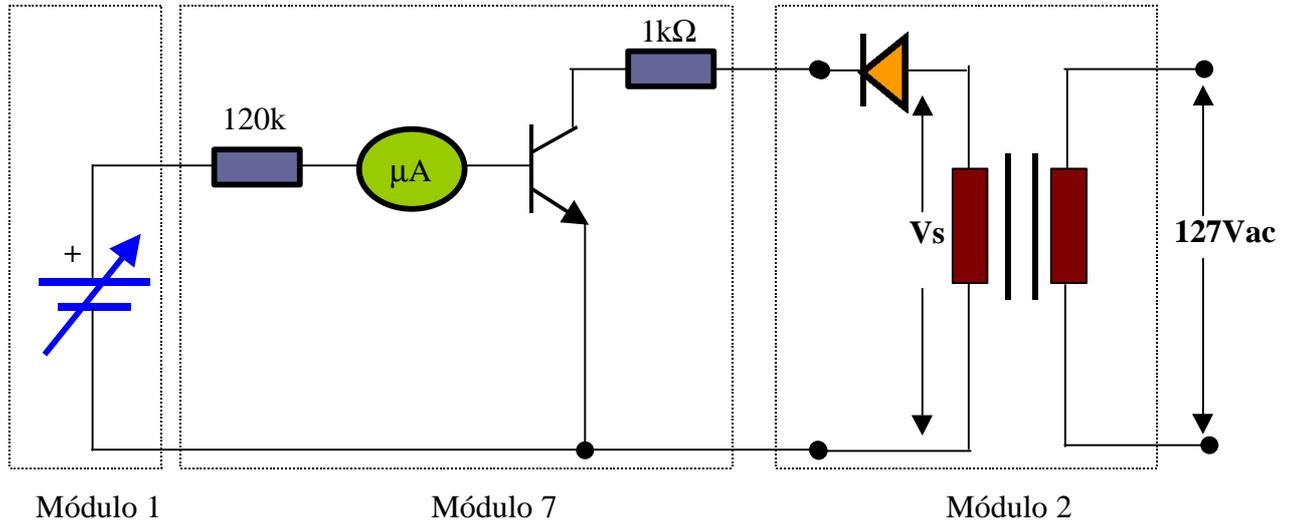
TABELA 1

Tire alguma conclusão quanto ao estado do transistor e qual terminal pertence à base, pela inspeção da tabela 1.

Agora, vamos ver como podemos determinar os terminais de Coletor e Emissor do transistor. Supondo o terminal da base conhecido, vamos ligar a um dos terminais que iremos supor ser o coletor, por exemplo, o terminal (-) do multímetro e consequentemente o terminal (+) deverá estar ligado ao emissor ; ligue o resistor R_2 (1kΩ) de C (-) para B (+) e faça a leitura no ohmímetro; se indicar alguma leitura, os terminais, por acaso, já ficaram determinados; caso a leitura seja infinito, desligue tudo e inverta as posições dos terminais do multímetro; C (+) e E (-) novamente religue o resistor de Coletor para Base (1kΩ) e faça nova leitura no multímetro; provavelmente agora voce terá uma leitura determinada indicando que o transistor conduziu, logo o terminal ligado ao (+) é o Coletor e o terminal ligado ao (-) é o Emissor, indicando também se tratar de um transistor NPN.

Para transistores PNP, o procedimento é semelhante apenas as posições relativas são trocadas.

As curvas características (V_{ce} c com I constante) podem ser observadas no osciloscópio, se fizermos montagem da figura 1.

base $I_{B.}$

PARTE PRÁTICA

1) Verifique se o osciloscópio está preparado para trabalhar no modo **x-y** (*tecla x-y apertada, mode vertical em x-y, trigger source em CH1 ou CH2 e coupling em DC*) e a chave **invert** na sua posição normal (para fora);

2) Posicione o ponto no canto inferior direito da tela do osciloscópio;

3) Coloque as chaves atenuadoras dos dois canais em 2 V/div;

4) Ligue os pinos de terra dos dois canais do osciloscópio no coletor do transistor . Ligue ainda o canal X no emissor do transistor (este canal irá mostrar o Vce do transistor)e o canal Y antes do resistor de coletor R_1 (este canal irá mostrar a queda de tensão no resistor).

5) Ajuste a saída da fonte DC para 0V e ligue-a ao circuito.

6) Ligue o módulo 02 .

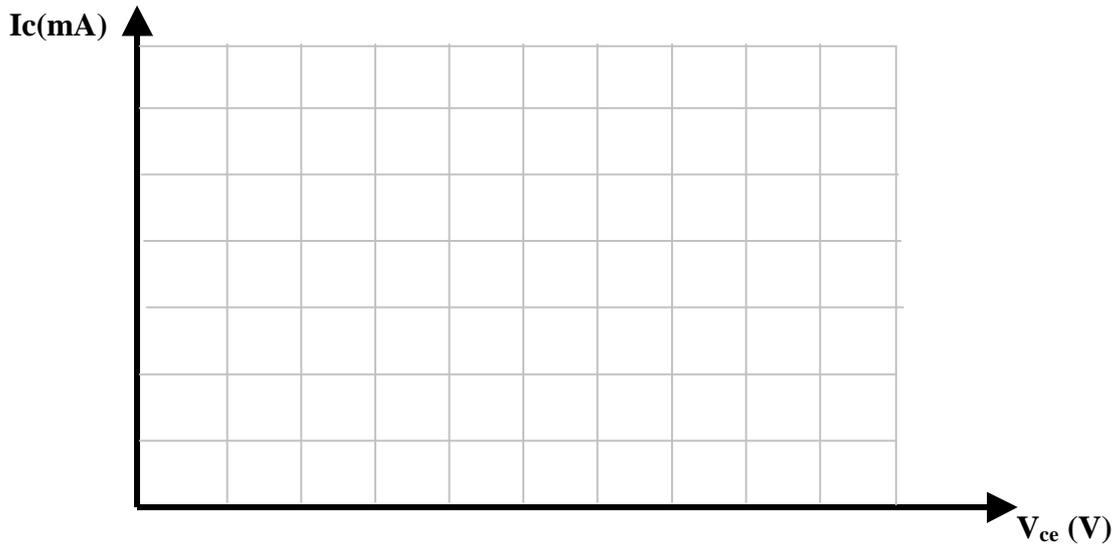
7) Ajuste a fonte de tensão DC do módulo 1 de modo a se obter no microamperímetro uma corrente de 10 µA;

8) A curva, no osciloscópio, sai invertida; peça a seu professor para lhe explicar;

9) Verifique a curva obtida no osciloscópio e a transcreva para o gráfico abaixo;

10) Reajuste a fonte do módulo 1 para obter agora uma corrente de 20 μA e novamente transcreva a curva obtida para o gráfico;

11) Vá aumentando a corrrente sucessivamente de 10 em 10 μA até atingir 50 μA e para cada curva obtida faça a sua transcrição para os eixos;

12) Com isto você obtém uma família de cinco curvas do transistor do módulo 7.

13) Procure tirar alguma conclusão com relação a estas curvas.

14) Utilizando as curvas traçadas preencher a tabela abaixo.

I_b (μA)	I_c (mA)	V_{ce} (V)	β
0			
10			
20			
30			
40			
50			

15) Calcule o ganho de corrente (β) para este transistor na região ativa.

16) **Desligue e guarde todos os módulos e instrumentos**

Questões

1) Como deveria ser o sinal aplicado a partir do módulo 02 caso o transistor do módulo 07 fosse PNP.

2) Porque o sinal aplicado a partir do módulo 2 é retificado de meia onda?

3) Porque o ganho de corrente (β) somente pode ser calculado na região ativa?

4) Explicar a relação entre os valores de Vce do transistor e as suas regiões de operação.

Aula Prática Nº 08

Título: O Transistor em Circuitos Lógicos

Objetivo: Ao final desta aula os alunos deverão ser capazes de:
- identificar as regiões de operação dos transistores
- explicar as formas de onda nos diversos pontos do circuito
- analisar o comportamento do transistor em frequências elevadas.

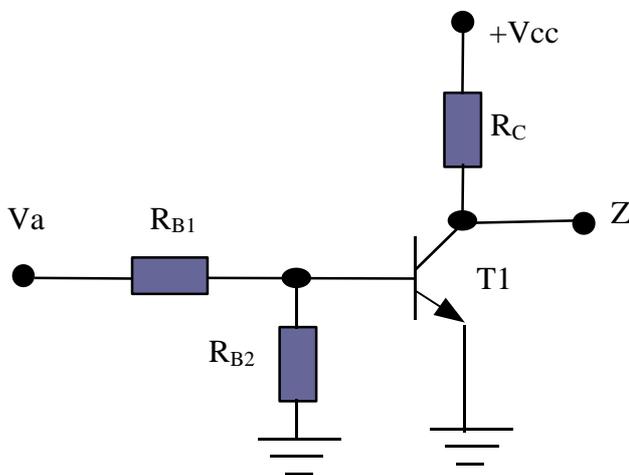
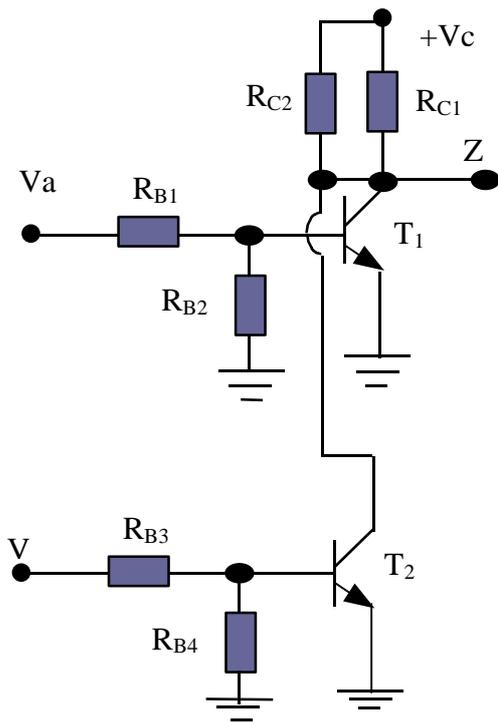
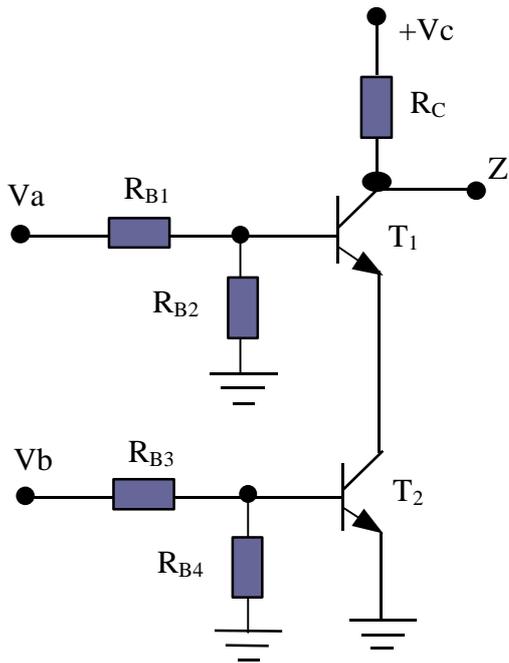
Material Necessário:

- Módulo 01
- Módulo 09
- Voltímetro
- Gerador de função
- Osciloscópio

Parte Prática

1) Explicar o funcionamento dos circuitos a seguir identificando as funções lógicas realizadas por cada um e a função de cada componente. Calcular as tensões(V_{BE} e V_{CE},) e correntes (I_b , I_c e I_e) somente no circuito abaixo .

   Em todos os circuitos a tensão de alimentação é de +5V e os sinais de entrada são iguais a +5V (nível 1 lógico) ou terra (nível 0 lógico).

+Vc
RC
Z
Va
RB1
T1
RB2
Vb
RB3
T2
RB4
+Vc
RC2
RC1
Z
Va
RB1
T1
RB2
V
RB3
T2
RB4

b) Realize testes utilizando o módulo 09 nos circuitos lógicos analisados a fim de comprovar as funções lógicas e os valores de tensão calculados e preencha as tabelas adequadas:

Inversor

Va	Z (calculado)	Z(medido)
0		
+5		

NAND

Va	Vb	Z (calculado)	Z(medido)
0	0		
0	1		
+5	0		
+5	+5		

NOR

Va	Vb	Z (calculado)	Z(medido)
0	0		
0	1		
+5	0		
+5	+5		

AND

Va	Vb	Z (calculado)	Z(medido)
0	0		
0	1		
+5	0		
+5	+5		

OR

Va	Vb	Z (calculado)	Z(medido)
0	0		
0	1		
+5	0		
+5	+5		

Questão

Desenhar o circuito interno de uma porta lógica TTL e explicar o seu funcionamento

c) No circuito inversor aplique um sinal quadrado de amplitude igual a 5V e frequência de 10Hz. Desenhe as formas de onda nos eixos ao lado.

d) Aumente a frequência para 1kHz. Desenhe as formas de onda nos eixos ao lado.

e) Aumente a frequência para 10kHz. Desenhe as formas de onda nos eixos ao lado.

f) Finalmente aumente a frequência para 100kHz. Desenhe as formas de onda nos eixos ao lado.

g) Compare os resultados dos ítens **c**, **d** , **e** e **f** relacionando-os com o tempo de recuperação reversa do transistor.

h) **Desligue todos os módulos e instrumentos e guarde-os nos locais apropriados**

Aula Prática Nº 09

Título : Fonte Regulada DC

Objetivo: Estudar o comportamento de fontes reguladas série, com tensão variável e limitação de corrente

Materiais e Equipamentos necessários

- Módulo 02
- Módulo 06
- Módulo 12
- Osciloscópio
- Voltímetro
- Miliamperímetro (500mA)

Parte Teórica

Na figura 1 abaixo temos o estágio de regulação, amplificação de erro e proteção contra curto-circuito de uma fonte de alimentação. Explicar as funções de cada componente do circuito.

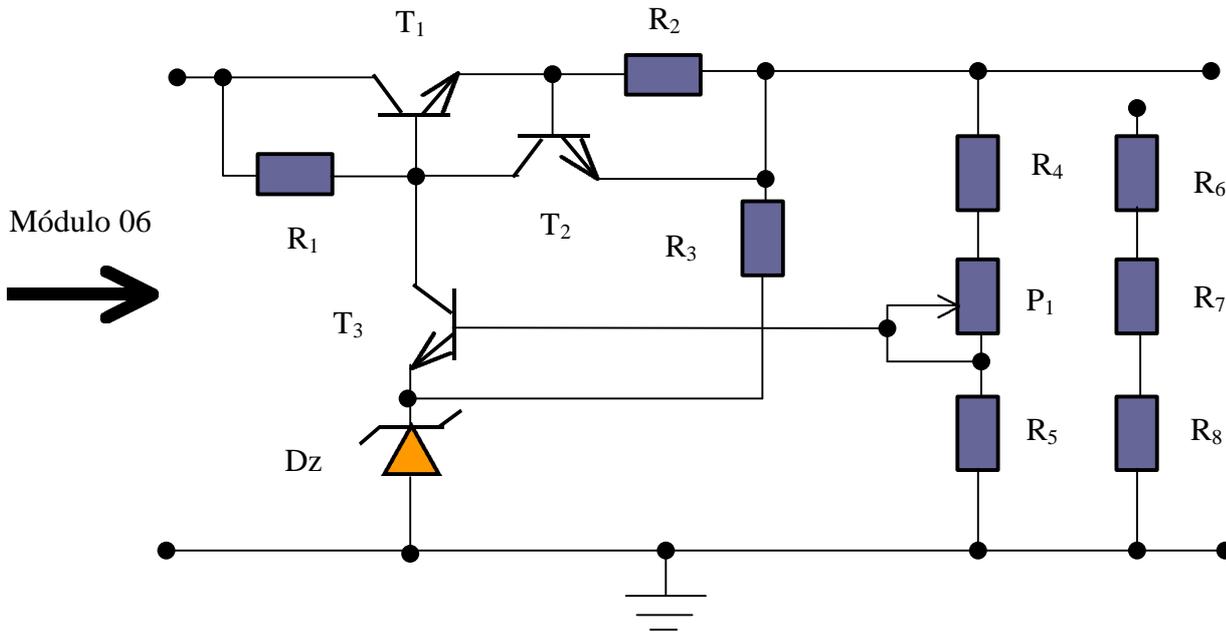



Figura 1

Transistores:

Resistores:

Potenciômetro:

Diodo Zener:

Parte Prática

1) Aplique no módulo 06 uma tensão senoidal de amplitude reduzida a partir do módulo 02.

2) Ligue o capacitor $\mathbf{C_1}$ no módulo 06 e aplique o sinal filtrado na entrada do módulo 12. **Atenção para a correta polaridade nesta ligação!!**

3) Ajuste o fator de escala vertical dos dois canais do osciloscópio para 5V/Div. Ligue o canal 1 à entrada do módulo 12 e o canal 2 à saída

4) Alimente o circuito e atue no potenciômetro $\mathbf{P_1}$ observando o que acontece com as tensões de entrada e saída da fonte regulada **(Sem carga)**.

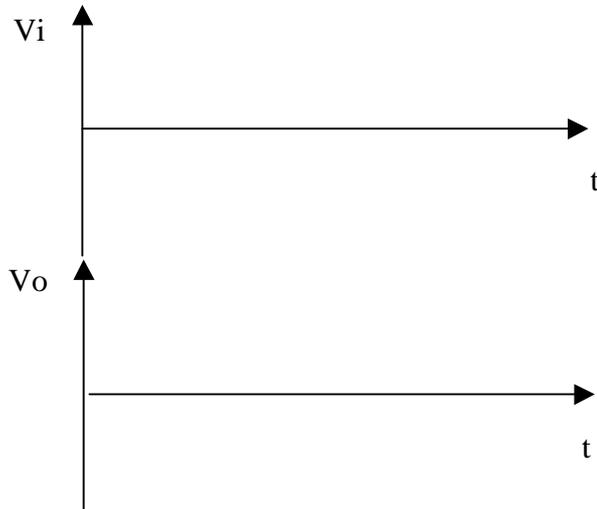
5) Preencha a tabela abaixo, onde as tensões são referenciadas ao terra do circuito. Compare os valores obtidos.

Vo	4V	8V
Vi		
V_{DZ}		
V_{B1}		
V_{B3}		

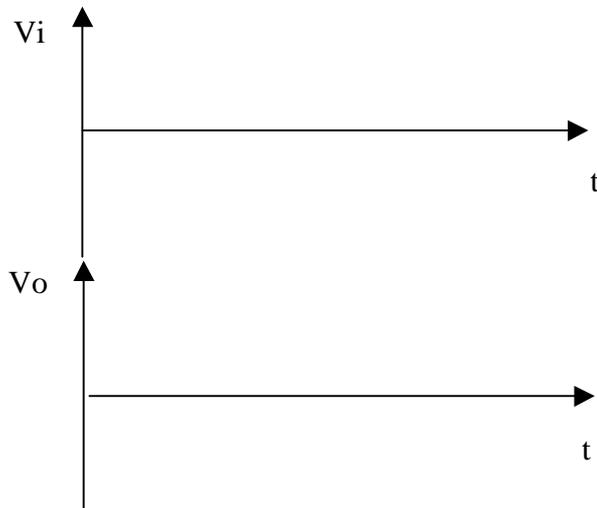
6) Ajuste a tensão de saída para 4V e ligue o miliamperímetro e o voltímetro para medir a tensão e corrente de saída, nas situações a seguir.

7) Ajuste a carga $R_L = R_6+R_7+R_8$ e anote os valores de Vo e Io.

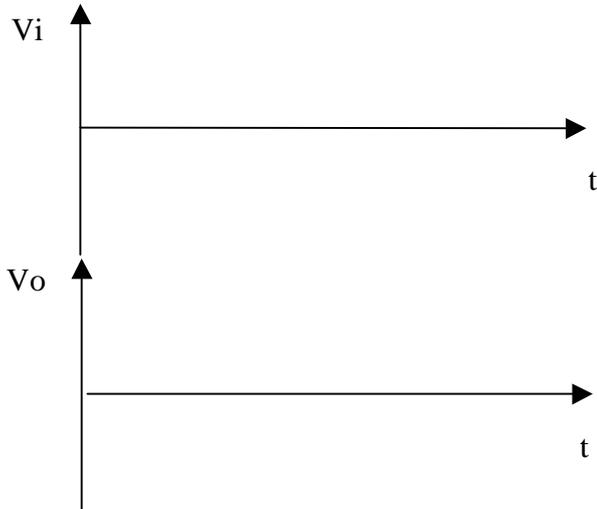
Vo = _______V **Io=__________mA**

8) Desenhe as formas de onda de Vi e Vo nos eixos abaixo.

9) Ajuste a carga $R_L = R_8$ e anote os valores de Vo e Io.

Vo = _______V **Io=__________mA**

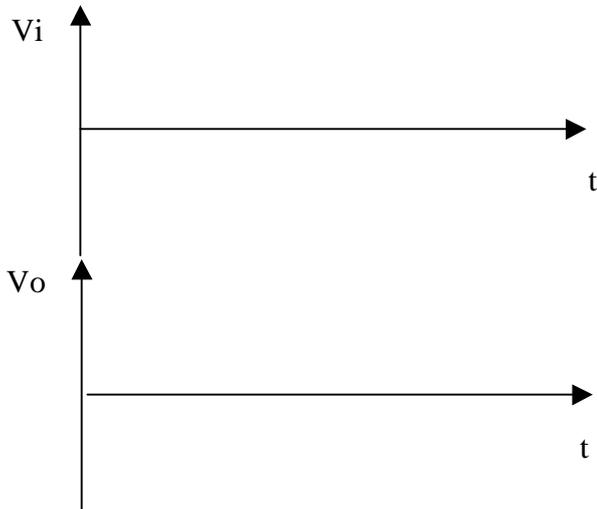
10) Desenhe as formas de onda de Vi e Vo nos eixos abaixo.

11) Ajuste a carga $R_L = 0$ **(Atenção : Mantenha esta condição o mínimo tempo possível sob pena de danificar o circuito)** e anote os valores de Vo e Io.

Vo = _______V **Io=__________mA**

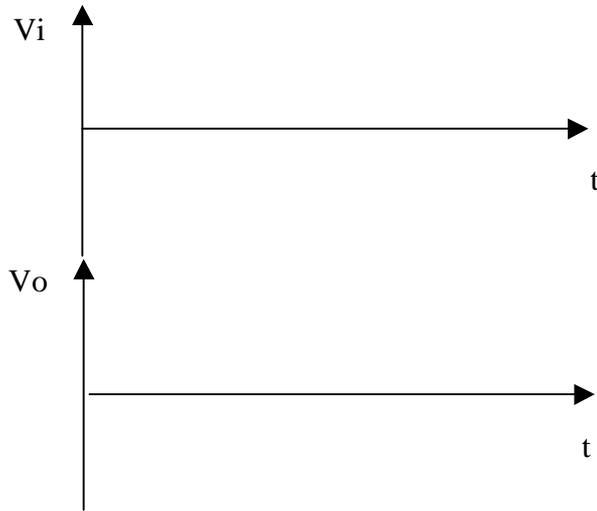
12) Desenhe as formas de onda de Vi e Vo nos eixos abaixo.

13) Ajuste a tensão de saída agora para 8V com $R_L = R_6+R_7+R_8$ mantendo o amperímetro ligado.

14) Anote os valores de Vo e Io.

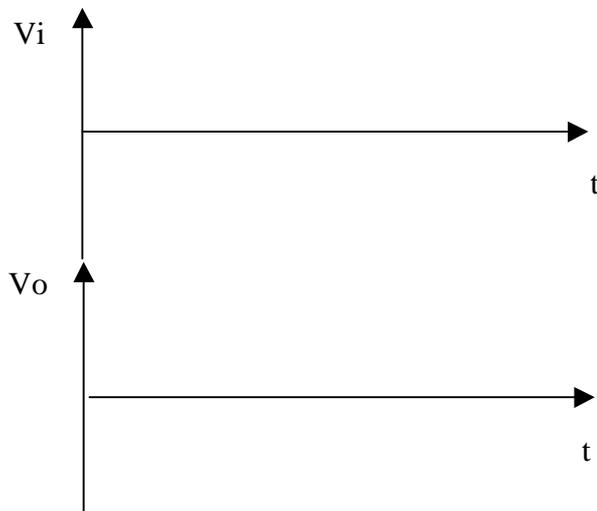
Vo = _______V **Io=__________mA**

15) Desenhe as formas de onda de Vi e Vo nos eixos abaixo.

16) Ajuste a carga $R_L = R_8$ e anote os valores de Vo e Io.

Vo = _______V **Io=__________mA**

17) Desenhe as formas de onda de Vi e Vo nos eixos abaixo.

18) Ajuste a carga R_L = 0 **(Atenção : Mantenha esta condição o mínimo tempo possível sob pena de danificar o circuito)** e anote os valores de Vo e Io.

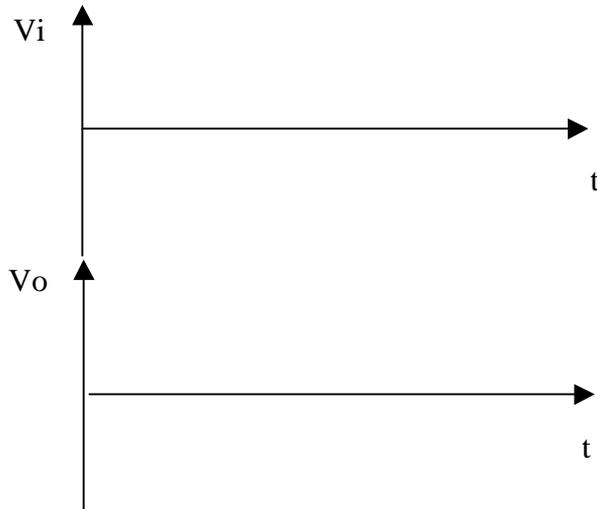
Vo = _______V **Io=__________mA**

19) Desenhe as formas de onda de Vi e Vo nos eixos abaixo.

20) Substitua agora C1 por C2 no módulo 06 e repita as análises abaixo comparando com o resultado obtido anteriormente .

21) Ajuste, se necessário, a tensão de saída para 8V com $R_L = R_6+R_7+R_8$ mantendo o amperímetro ligado.

22) Anote os valores de Vo e Io.

Vo = _______V **Io=__________mA**

23) Desenhe as formas de onda de Vi e Vo nos eixos abaixo.

24) Ajuste a carga $R_L = R_8$ e anote os valores de Vo e Io.

Vo = _______V **Io=__________mA**

25) Desenhe as formas de onda de Vi e Vo nos eixos abaixo.

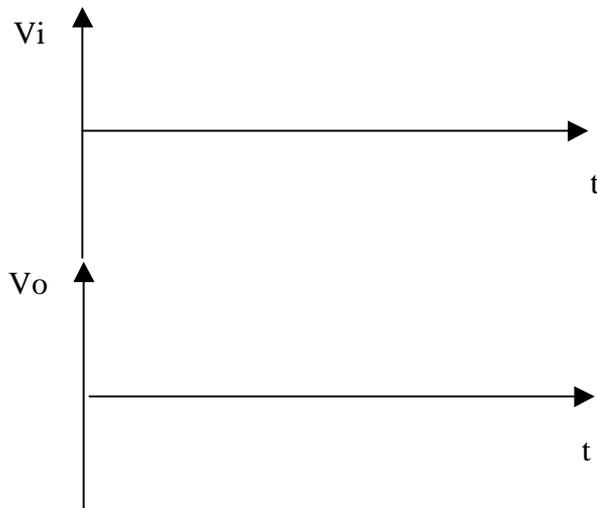
26) **Desligue todos os módulos e instrumentos e guarde-os .**

Questões

1) Explicar como funciona a proteção contra sobre corrente.

2) O que aconteceria se substituirmos o resistor R_2 por um outro de valor 10 vezes maior o que aconteceria?

3) Se substituirmos o diodo zener por um diodo retificador comum ligado com a mesma polaridade .

4) Se o resistor R_5 queimasse curto-circuitando o terminal inferior de P_1 ao terra.

Aula Prática Nº 10

Título : Polarização dos Transistores Bipolares

Objetivo: Polarizar corretamente transistores de junção bipolar
Verificar as variações do ponto de operação com variações de temperatura e com a substituição do transistor
Analisar o comportamento do transistor como amplificador

Materiais e Equipamentos necessários

- Módulo 01
- Módulo 08
- Osciloscópio
- Voltímetro
- Gerador de funções

Introdução Teórica

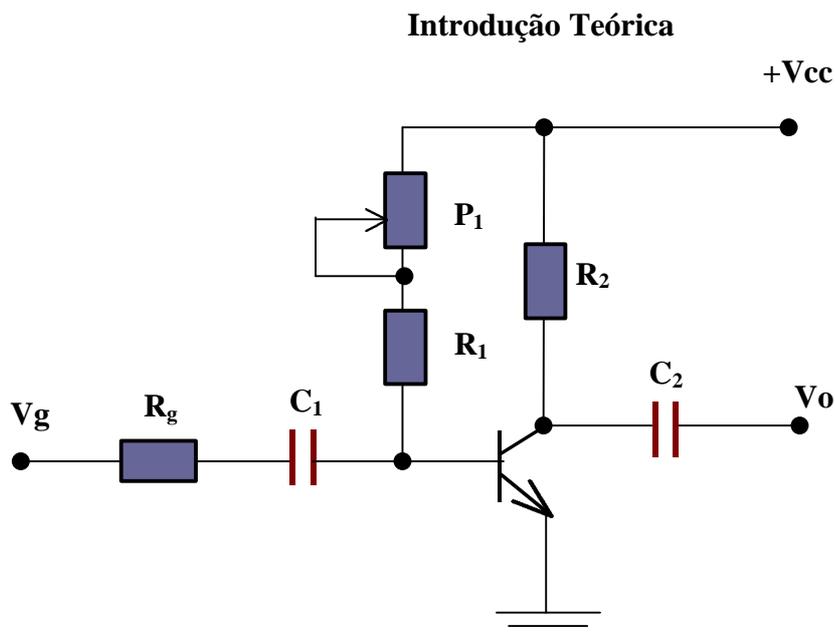



Figura 1

A figura 1 apresenta o circuito de polarização por corrente de base constante. O ponto de operação do transistor pode ser determinado através da análise das correntes como se segue:

$$V_{CC} = R_c I_c + V_{ce}$$

Explicitando I_c teremos que:

$$I_c = \frac{V_{CC}}{R_c} - \frac{V_{ce}}{R_c} \quad \text{(Reta de carga DC)}$$

Para se traçar a reta de carga são suficientes apenas dois pontos :

Para $I_c = 0$ $V_{ce} = Vcc$

Para Vce = 0 $\qquad I_c = \frac{Vcc}{R_c}$

Equação da malha de base

$$V_{CC} = (R_1 + P_1)\ I_b + V_{be}$$

$$Ibq = \frac{V_{CC} - V_{be}}{R_1 + P_1}$$

O Potenciômetro P_1 é colocado no circuito para que se possa variar a corrente de base quiescente, variando-se assim o ponto de operação do transistor.

Como V_{be} é pequeno se comparado a V_{CC} podemos admitir que I_{bq} é constante quando P_1 é mantido constante. Assim caso ocorra a troca do transistor por outro com β diferente ou tenhamos uma variação na temperatura ambiente o ponto de operação do transistor irá variar bastante.

- Para este circuito explicar a função dos capacitores C_1 e C_2 .

- Qual será a expressão para cálculo do ganho de tensão deste circuito ?

Parte Prática

1) Posicione a chave CH1 do módulo 08 de forma a que o transistor T_1 seja inserido no circuito. Observe que a chave CH1 tem a função de permitir a troca de T_1 por T_2 .

2) Ajuste a saída da fonte de alimentação DC para +12V e alimente o módulo 8.

3) Trace a reta de carga do transistor na curva característica I_c x V_{ce}. (**Lembre-se de utilizar as curvas adequadas ao módulo que está sendo utilizado disponíveis no final da prática**).

4) Atue no potenciômetro P_1 para se obter a máxima corrente de base (P_1=0). Calcule então a corrente de base I_b.

$$I_b = \frac{V_{CC} - V_{ce}}{R_1}$$

I_{bq}= ________

5) Com este valor determine o ponto de operação (Q_C) na curva característica já traçada.

6) Meça V_{ceq} e V_{R2} e determine I_{cq}.

V_{ceq}= ____________ V_{R2} = ________________

$$I_{cq} = \frac{V_{R2}}{R_2}$$

I_{cq} = _____________

7) Utilizando os valores medidos de V_{ceq} e I_{cq} determine o ponto de operação (Q_M) na curva característica .

8) Compare os pontos de operação calculado (Q_C) e medido (Q_M).

9) Ligue o osciloscópio para a leitura de V_{ceq} e atue no potenciômetro P_1 verificando sua influência no ponto de operação (V_{ceq}) .

10) Ajuste P_1 para que se tenha V_{ceq} igual a metade de V_{CC}.

11) Determine este novo ponto de operação (Q_1) na curva característica .

12) Atue na chave CH1 para substituir T_1 por T_2.

13) Meça o valor de V_{ceq} e localize o novo ponto de operação (Q_2) na curva característica.

14) Compare T_1 e T_2 .

15) Atue novamente em CH1 substituindo T_2 por T_1 .

16) Utilizando o gerador de funções aplique um sinal de 1kHz na entrada do circuito e ajuste sua amplitude para obter a máxima saída sem distorção, observada na tela do osciloscópio.

17) Atue na chave CH1 para trocar T_1 por T_2 observe o que acontece e tente explicar.

18) Retire o sinal da entrada do amplificador.

19) Atue no potenciômetro P_1 para que se tenha V_{ceq} igual a metade de V_{CC}.

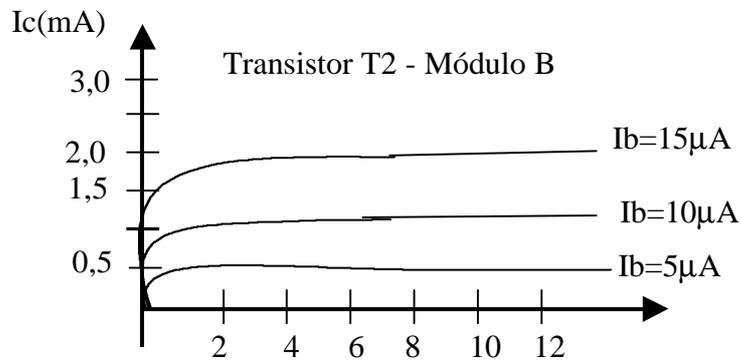
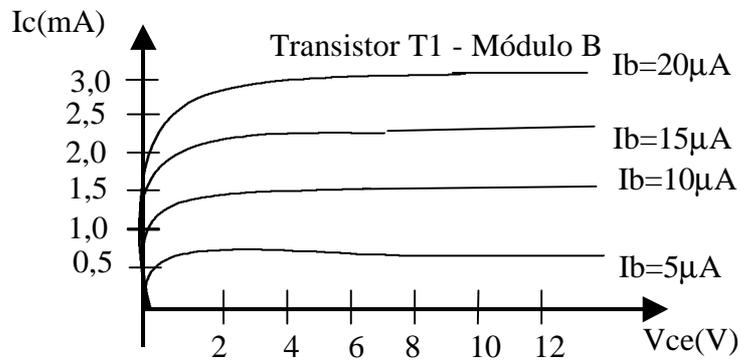
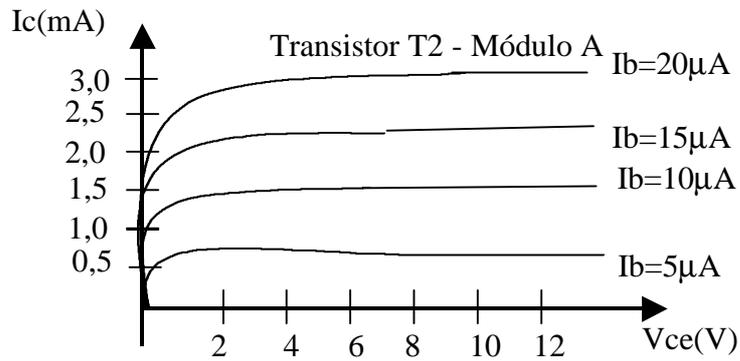
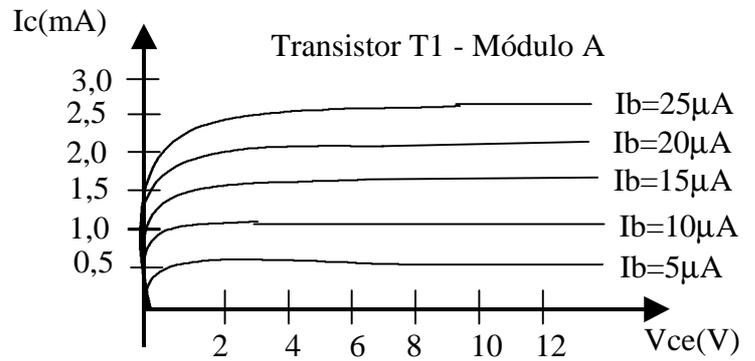
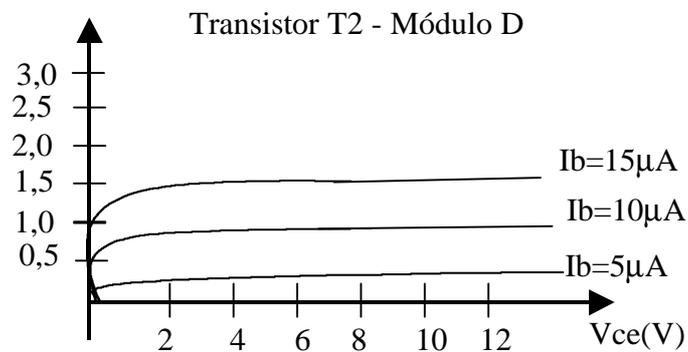
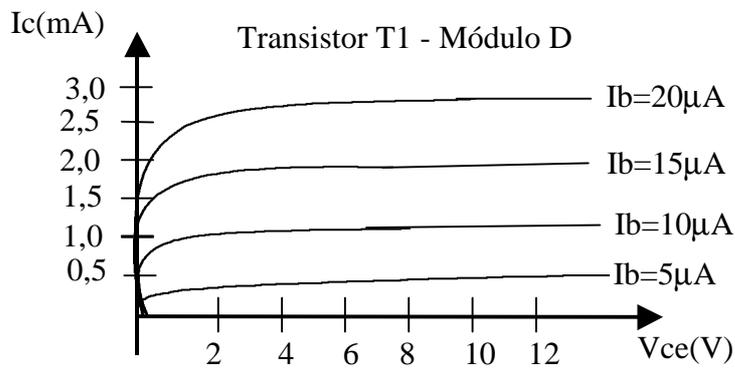
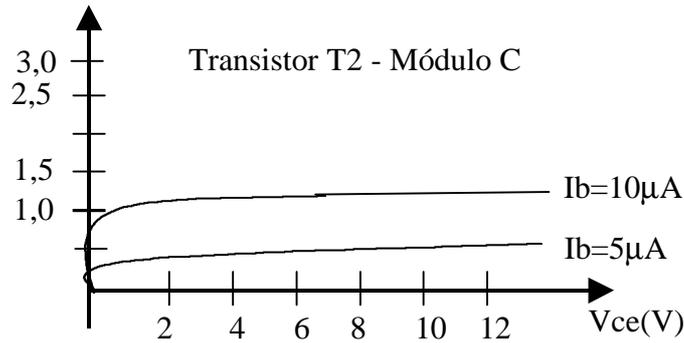
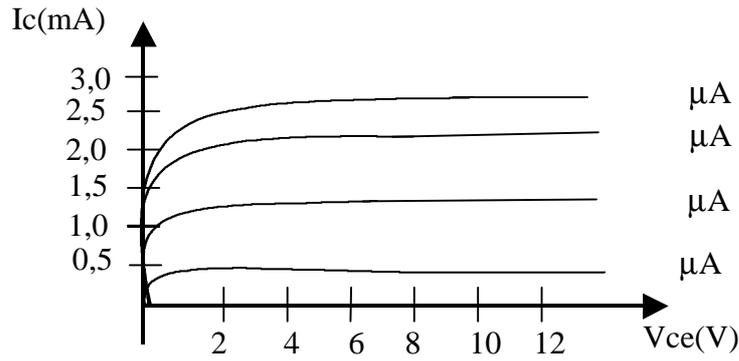
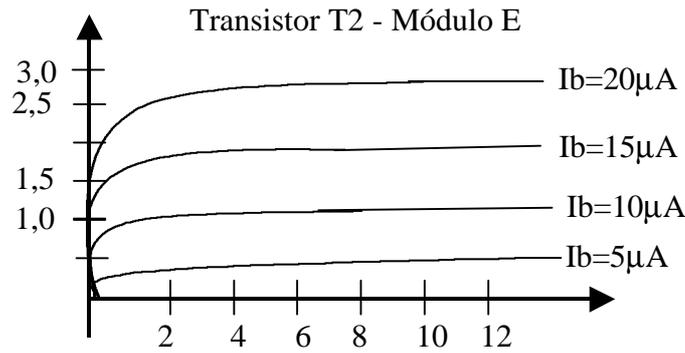
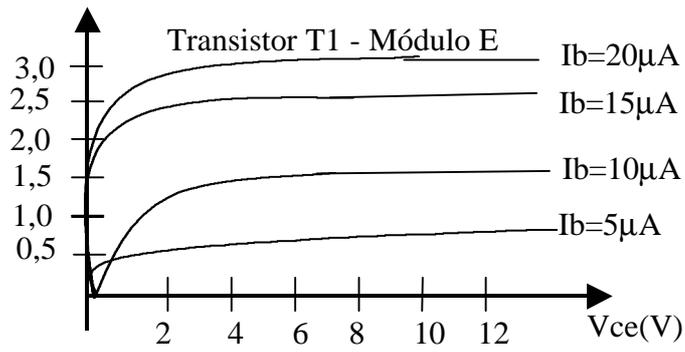
20) Aplique novamente o sinal do gerador de funções na entrada do amplificador e ajuste sua amplitude para obter a máxima saída sem distorção, observada na tela do osciloscópio.

21) Aqueça T_2 e observe a variação de V_{ceq} . Explique a variação observada.

22) **Desligue e guarde todos os módulos e instrumentos.**

Curvas Características dos Transistores do Modulo 08

Ic(mA)
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
μA
μA
μA
μA
2
4
6
8
10
12
Vce(V)
Transistor T2 - Módulo C
3,0
2,5
1,5
1,0
Ib=10μA
Ib=5μA
2
4
6
8
10
12
Vce(V)

Ic(mA)
Transistor T1 - Módulo D
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
Ib=20μA
Ib=15μA
Ib=10μA
Ib=5μA
2
4
6
8
10
12
Vce(V)
Transistor T2 - Módulo D
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
Ib=15μA
Ib=10μA
Ib=5μA
2
4
6
8
10
12
Vce(V)

1)
transistores de potência como o BD135 e o TIP 31. Compare as principais características de cada um..

2)

Aula Prática Nº 11

Título : Amplificador Transistorizado em configuração emissor comum

Objetivo: Verificar o ponto de operação do transistor
Analisar as características de um amplificador básico em configuração emissor comum

Materiais e Equipamentos necessários

- Módulo 01 (Fonte de Alimentação)
- Módulo 10 (Amplificador emissor comum)
- Osciloscópio
- Gerador de sinal
- Ohmímetro

Parte Teórica

Na figura abaixo temos um amplificador em configuração emissor comum. Explicar as funções de cada componente do circuito.

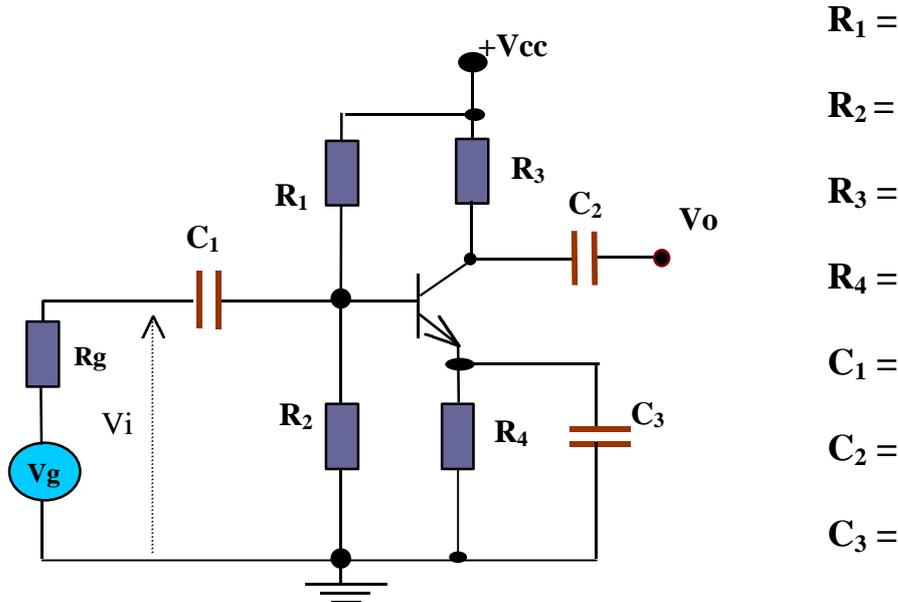



Figura 1

Parte Prática

1- Identifique no módulo 10 o circuito da figura 1.

2- Ligue o osciloscópio e ajuste a escala de amplitude dos dois canais para 5V/Div em modo DC.

3- Ajuste a saída da fonte de alimentação DC (Módulo 01) para +12V.

4- Alimente o módulo 10 a partir do módulo 01 a fim de polarizar o transistor na região ativa.

5- Meça os valores das seguintes tensões utilizando o multímetro ou o osciloscópio.

V_{BM} =	V	V_{CM} =	V
V_{EM} =	V	V_{CC} =	V

6- Determine o ponto de operação do transistor

$V_{CE} = V_{CM} - V_{EM} \Rightarrow$

$$I_C = \frac{Vcc - Vce}{Rc + \mathrm{Re}} \Rightarrow$$

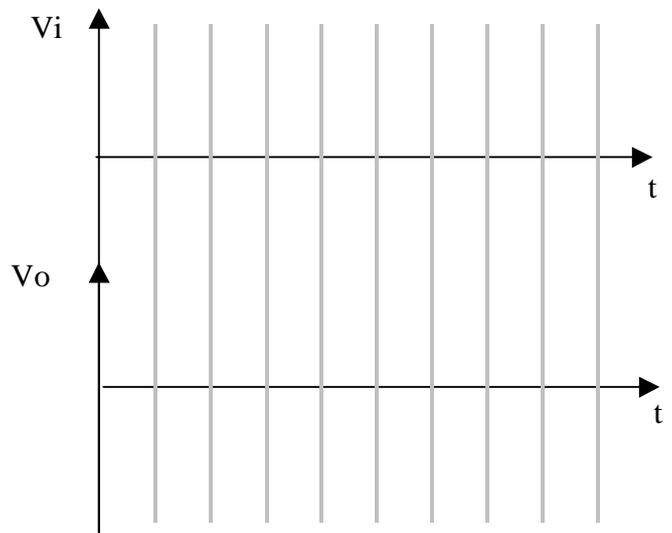
7- Atue no potenciômetro P_1 de forma a obter resistência zero. Meça com o ohmimetro para ter certeza do ajuste.

8- Ajuste o gerador de sinal para fornecer um sinal senoidal de frequência 1kHz e ligue-o ao circuito **através do potenciômetro P_1**.

9- Ligue os cabos do osciloscópio para observar os sinais na entrada (canal 1) e na saída (canal 2) do circuito.

10- Regule a amplitude do sinal no gerador de forma a obter a máxima excursão do sinal na saída do amplificador, sem distorção, isto é, para que a senoide na saída não apresente deformação.

Valor de Vg =__________V

11- Desenhar as formas de onda dos sinais de entrada(Vi) e saída(Vo) nos eixos ao lado, mostrando as respectivas amplitudes:

12- Calcule o ganho do amplificador em dB. Meça também a relação de fase entre os sinais de saída e de entrada

Av(dB) = 20 log Av

Θ =

13- Desligue o osciloscópio da saída do amplificador e ligue-o à saída do gerador de sinais.

14- Atue em **P_1** até que a amplitude na entrada do amplificador (após o potenciômetro) se torne igual a metade da amplitude na saída do gerador. Desta forma a tensão no potenciômetro **P_1** será igual à tensão na entrada do amplificador e logicamente a impedância de P_1 será também igual a impedância de entrada. Para realizar estas medições mantenha a amplitude do sinal na saída do gerador igual a aquela encontrada no item 10.

15- Desligue **P_1** do circuito tomando cuidado para não alterar seu valor . Meça o valor de sua resistência utilizando um ohmimetro.

P_1 = Ri = _______________Ω

16- Determine o ganho de corrente do amplificador

$$I_i = \frac{Vi}{Ri} \qquad Io = \frac{Vo}{R_3} \qquad A_i = \frac{Io}{Ii}$$

17- Aplique novamente o mesmo sinal do item 10 na entrada do amplificador, agora sem utilizar o potenciômetro.

18- Transfira o osciloscópio da saída do gerador para a saída do amplificador (Observe sua escala). Meça o valor de Vo a vazio.

$Vo_{(a\ vazio)}$ = ____________ V

19- Ajuste o potenciômetro **P_2** em seu valor máximo utilizando um ohmimetro.

20- Ligue a potenciômetro **P_2** à saída do amplificador e varie-o até que o valor da amplitude de Vo seja igual à metade daquela encontrada no item 18.

Valor de Vo após variar P_2 = ________ V

21- Analogamente à medida da impedância de entrada agora teremos que o valor da impedância de **P_2** será o mesmo da impedância de saída do amplificador. Meça seu valor após desliga-lo do circuito.

P_2 = R_o = _______________Ω

22- **Desligue todos os módulos e instrumentos e guarde-os .**

Questões

1) Realizar uma comparação entre as principais características de um amplificador seguidor de emissor e um amplificador emissor comum e mostrá-la em um quadro.

2) O que aconteceria com o amplificador emissor comum estudado nesta aula se o capacitor C_3 fosse retirado do circuito?